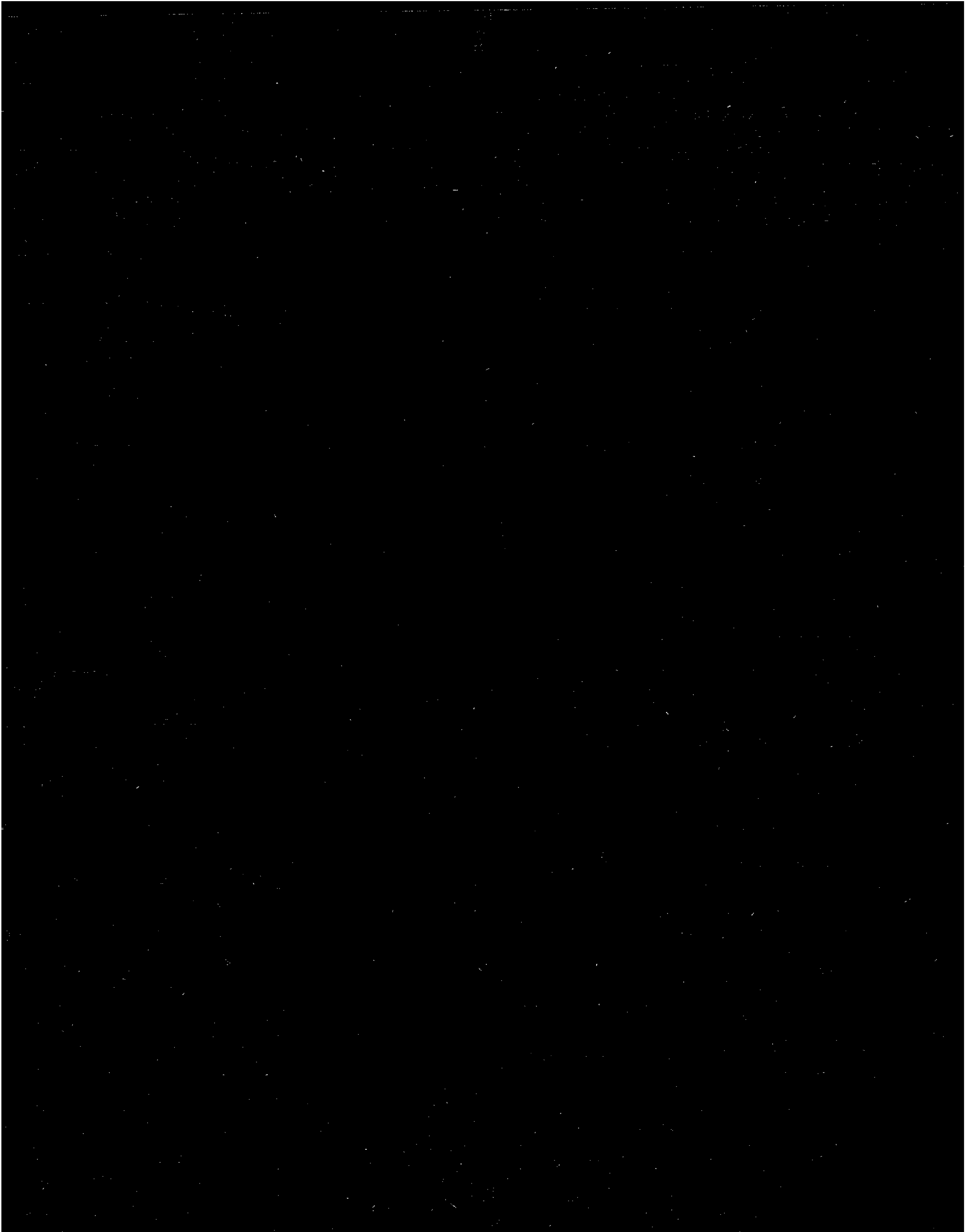

3161



COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME DEUX CENT-NEUVIÈME.

JUILLET — DÉCEMBRE 1939.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADEMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1939

COMPTES RENDUS
DES SÉANCES
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 JUILLET 1939.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE BÉHAL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Education Nationale** adresse ampliation du décret, en date du 23 juin 1939, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Justin Jolly** pour occuper dans la Section des Académiciens libres la place vacante par le décès de M. *A. Blondel.*

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Justin Jolly** prend place parmi ses Confrères.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Percy Quensel**, professeur à la Faculté des Sciences de la Högskola de Stockholm et à M. **Ole Peder Arvesen**, professeur à l'École technique supérieure norvégienne de Trondheim, qui assistent à la séance.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que la séance publique annuelle aura lieu le lundi 18 décembre 1939.

M. **Émile Picard**, en présentant une brochure de la *Société française de Philosophie*, s'exprime comme il suit :

Je dépose sur le Bureau une brochure de la *Société française de Philosophie* relative au troisième centenaire de la naissance de Malebranche, qui fut commémoré à la Sorbonne le 25 juin 1938. On y trouvera les discours prononcés à cette occasion par M. Léon Brunschvicg, Président de la Société; par M. André Chaumeix, au nom de l'Académie française; par M. Émile Picard, au nom de l'Académie des sciences; par M. Édouard Le Roy, au nom de l'Académie des sciences morales et politiques; par M. Désiré Roustan, Inspecteur général de l'Éducation nationale; par M. Henri Gouhier, Professeur à l'Université de Lille, et par le Docteur Paul Schrecker.

C'est de Malebranche physicien que j'ai parlé en cette circonstance. Malebranche, qui au XVIIe siècle appartint à notre Académie, fut en effet conduit à émettre sur la lumière des idées appelées à un grand avenir. Au lieu de considérer la matière subtile de Descartes comme incompressible, il la regarde comme un milieu élastique susceptible de vibrations. Tandis que pour Descartes la vitesse de la lumière était infinie, Malebranche put la regarder comme finie, et son attention fut appelée sur la période de la vibration pour l'explication des couleurs. Il écrira, par exemple, ces lignes que je cite textuellement, où l'on admire une véritable divination : « Le rayon rouge recommence ses vibrations moins souvent que ceux qui le suivent dans le spectre solaire, et le violet est celui dont les vibrations sont les plus promptes ».

C'est dans le dernier chapitre de *La Recherche de la Vérité* que Malebranche a montré la nécessité d'une matière subtile compressible pour transmettre la lumière et les couleurs, et il publia aussi une étude sur ce sujet dans les Mémoires de notre Académie. Il est curieux de noter que Huygens n'a donné aucune explication des couleurs dans son célèbre *Traité de la Lumière*.

GÉOGRAPHIE LITHOLOGIQUE. — *L'arénisation prétropicale et prédésertique en A. O. F. et au Sahara.* Note (¹) de M. **Jacques de Lapparent.**

J'ai montré (²) que les états latéritiques du granite et de son arène, dans la forêt de la Guinée française méridionale, imposaient l'idée qu'avait régné sur la région, avant le climat tropical, un autre climat qui doit être tenu comme directement responsable de l'arénisation originelle du granite.

L'hypothèse de cet autre climat est corroborée par les observations que l'on peut faire à partir du complexe sédimentaire, gréseux et schisto-gréseux, qui repose en A. O. F. sur le terrain granito-cristallophyllien.

Dans ce complexe même, on observe des roches éruptives, *dolérites*, dont M. A. Lacroix a dit avec détails, dans son Mémoire classique (³), quel en est le mode d'altération. Je soulignerai ici que, en bien des cas, on peut constater que ces dolérites furent *mises en balles* avant leur latéritisation, ainsi qu'il en fut du granite.

Effectivement, dans une masse doléritique, ayant primitivement constitué une même entité dans le terrain, on pourra voir que les balles de la roche, plus ou moins profondément gibbsitisée, sont séparées les unes des autres par une éponge argilo-ferrique non gibbsitique qui provient ou se tient à la place d'une primitive arène doléritique éluviale.

Mais les grès eux-mêmes mettent en évidence des faits du même ordre. Lorsqu'on est en vue du Niger, ayant suivi la route de Bobo-Dioulasso (en Côte d'Ivoire), à Bamako (au Soudan), et qu'on s'apprête à franchir le fleuve sur la chaussée submersible, on ne peut manquer d'être frappé par l'allure du terrain gréseux qui le domine : buttes en forme de dômes allongés faisant effet de *daubières* renversées et qui suggèrent immédiatement à l'esprit la pensée d'immenses et longues balles gréseuses aplaties.

Les vestiges de l'éluvium d'où seraient sorties les daubières de grès durs se retrouvent à la surface du plateau qui les limite, à peu près uniformément en altitude. Il s'agit de latérites bauxitiques où l'on reconnaît les restes accumulés de morceaux de grès gibbsitisés saisis dans une éponge ferrique analogue à celle qui constitue le ciment des balles doléritiques.

Je ne veux pas analyser ici les stades de la bauxitisation, qui se mani-

---

(¹) Séance du 26 juin 1939.

(²) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1767.

(³) *Nouvelles Archives du Muséum d'Hist. Nat.*, 5ᵉ série, 5, 1913, p. 283.

festent dans les rapports de la gibbsite à la bœhmite, mais marquer seulement le fait que cette bauxitisation s'est appliquée à un éluvium constitué avant toute latéritisation et qui donc, en tant qu'éluvium, n'est pas le résultat de celle-ci.

L'évolution hydrographique du pays gréseux a eu pour effet le dégagement des grès intacts aux points où l'arénisation en avait le plus profondément atteint la masse, cependant que les surfaces du plateau gardaient leur éluvium latéritisé. Ce dégagement fut l'œuvre d'une érosion de ruissellement qui atteignit naturellement plus facilement le terrain meuble que la masse des roches dures. Mais qu'une érosion remontante intense des cours d'eaux se manifeste, et les roches dures dégagées seront alors directement entamées. Ainsi pourra-t-il apparaître des abrupts et des grès ruiniformes dans la masse des daubières, comme on en voit le long de la *route des placers*, lorsque, de Bamako, l'on se dirige vers Siguiri, en Guinée.

Le même ensemble de faits se reconnaît dans la région des falaises de Bandiagara, en boucle du Niger. Les villages des populations habées sont perchés aux sommets de dômes et de daubières qui s'isolent du plateau et s'éparpillent de plus en plus vers le Sud-Est en dominant la plaine. Bien que dômes et daubières aient été attaqués par une érosion intense, leur modelé primitif reste néanmoins visible lorsqu'on les envisage précisément du haut d'un village habé.

L'éluvium prétropical, qui paraît avoir recouvert toute l'étendue de l'Afrique Occidentale, a son correspondant dans le *reg* rocailleux du désert :

En terrains calcaro-marneux, d'une part les sommets des *gours* du Gourara, du Touat, ou la surface du Tademaït, parsemés de rocailles, n'offrent, à mon sens, que les vestiges d'un éluvium dont le vent a chassé les fines parties meubles. Loin d'être l'équivalent d'un *drift*, ainsi qu'on a voulu l'imaginer, ce *reg* est essentiellement autochtone. Il fut, à l'origine, comme les pierres des champs dans la terre arable, et l'on peut en voir la préparation sur les Hauts Plateaux algériens. Ses matériaux sont prédésertiques mais ne furent soumis par l'établissement du désert qu'à l'érosion éolienne dont le seul effet fut de les ciseler finement.

En terrains éruptifs et cristallophylliens, d'autre part, les abords immédiats du Hoggar entre Meniet et In-Eker démontrent l'importance du développement des dômes granitiques. Et ceux-ci sont les correspondants de ceux que l'on peut voir en Guinée, de Macenta à Gueckédou, puis vers Kissidougou et jusqu'à Faranah. L'époque de formation de ces dômes fut prédésertique au nord du Hoggar comme elle fut prétro-

picale en Guinée; cependant qu'il y a de l'un à l'autre point la distance méridienne qui sépare le 25° du 8° degré de latitude environ.

Ainsi sommes-nous conduits à penser qu'en Afrique, sur l'étendue du Sahara et sur celle de l'A. O. F., avant l'établissement du régime désertique et du régime tropical, un climat uniforme *arénisait* un terrain sur lequel les météores du désert et du tropique allaient appliquer leur action, permettant que se constituent le *reg* au Sahara et la *latérite* en A. O. F.

Il paraît vraisemblable que le moment de ce climat uniforme fut celui du maximum de la transgression pliocène.

M. Emile Jouguet fait hommage à l'Académie du fascicule XL du *Mémorial des Sciences physiques : La convection forcée de la chaleur en régime d'écoulement laminaire*, par M. G. Ribaud, rédigé avec la collaboration de de M. A. Lemonnier, et dont il a écrit la *Préface*.

NOMINATIONS.

M. Gabriel Bertrand est désigné pour représenter l'Académie au *VIe Congrès international technique et chimique des industries agricoles*, à Budapest, du 10 au 20 juillet 1939.

CORRESPONDANCE.

Le Directeur de la Célébration du deuxième Centenaire de l'Université de Pennsylvanie invite l'Académie à se faire représenter aux *Cérémonies finales* des 20 et 21 septembre 1940.

M. le Secrétaire perpétuel signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Dictionnaire de Chimie théorique et industrielle, publié sous la direction de M. Clément Duval. Secrétaire générale : Mme Raymonde Duval. Tome I (Fascicule I).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les points singuliers des équations différentielles*. Note [1] de M. **Alfred Rosenblatt**.

1. J'ai étudié [2] les intégrales que j'ai appelées *logarithmiques* et *doublement logarithmiques* du système de Briot-Bouquet

$$(1)\quad (\Sigma A y_1^{\alpha_1} y_2^{\alpha_2} x^{\beta})\frac{dy_1}{dx} = \Sigma A^1 y_1^{\alpha_1^1} y_2^{\alpha_2^1} x^{\beta^1}, \qquad (\Sigma A y_1^{\alpha_1} y_2^{\alpha_2} x^{\beta})\frac{dy^2}{dx} = \Sigma A^2 y_1^{\alpha_1^2} y_2^{\alpha_2^2} x^{\beta^2}.$$

Maintenant je voudrais attirer l'attention sur les intégrales de la forme

$$(2)\quad y_1 = v_1 x^{\mu_1} e^{-k_1\left(\log\frac{1}{x}\right)^m}, \qquad y_2 = v_2 x^{\mu_2} e^{-k_2\left(\log\frac{1}{x}\right)^m} \qquad (0 < m < 1).$$

2. On forme le polyèdre de Puiseux. μ_1, μ_2 correspondent aux faces ou aux arêtes du polyèdre. k_1, k_2 sont proportionnels aux cosinus et sinus de l'angle φ de la normale à la projection de l'arête sur le plan $\alpha^1\alpha^2$. v_1, v_2 tendent vers des limites $v_1^0 \neq 0$, $v_2^0 \neq 0$. En posant

$$(3)\quad \mathfrak{V}^0 = \frac{v_2^{0k}}{v_1^{0l}},$$

où k/l est la représentation irréductible de k_1/k_2, on obtient les conditions suivantes. Les équations auxquelles satisfont v_1, v_2 ont la forme

$$(4)\quad \begin{cases} u^2 \dfrac{dv_1}{du}\{\Phi(\mathfrak{V}) + \ldots\} = -k_1 v_1 m u^{1-m}\{\Phi(\mathfrak{V}) + \ldots\} \\ \qquad - \mu_1 v_1\{\Phi(\mathfrak{V}) + \ldots\} + v_1\{\Phi^{(1)}(\mathfrak{V}) + \ldots\} + \ldots, \\ u^2 \dfrac{dv_2}{du}\{\Phi(\mathfrak{V}) + \ldots\} = -k_2 v_2 m u^{1-m}\{\Phi(\mathfrak{V}) + \ldots\} \\ \qquad - \mu_2 v_2\{\Phi(\mathfrak{V}) + \ldots\} + v_2\{\Phi^{(2)}(\mathfrak{V}) + \ldots\} + \ldots. \end{cases}$$

Posons

$$(5)\quad \Psi^{(1)}(\mathfrak{V}) = \mu_1\Phi(\mathfrak{V}) - \Phi^{(1)}(\mathfrak{V}), \qquad \Psi^{(2)}(\mathfrak{V}) = \mu_2\Phi(\mathfrak{V}) - \Phi^{(2)}(\mathfrak{V}),$$

$$(6)\quad L_1^k = \left.\frac{\partial^k \Psi^{(1)}}{\partial \mathfrak{V}^k}\right|_{\mathfrak{V}=\mathfrak{V}^0}, \qquad L_2^k = \left.\frac{\partial^k \Psi^{(2)}}{\partial \mathfrak{V}^k}\right|_{\mathfrak{V}=\mathfrak{V}^0} \qquad (k = 1, 2, \ldots).$$

Alors on a les conditions

$$(7)\quad k_2 L_1^i - k_1 L_2^i = 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots, q),$$

---

[1] Séance du 8 mai 1939.

[2] *Comptes rendus*, **158**, 1914, p. 556; S. Dickstein, *Prace matematyczno-fizyczne*, **27**, 1916, p. 93-138.

où l'on a

$$m = 1 - \frac{1}{q}, \tag{8}$$

$$k_2 L_1^{q+1} - k_1 L_2^{q+1} \neq 0. \tag{9}$$

3. Le cas $q = 1$ est celui qui a été étudié dans les travaux cités. On a ici $q > 1$. On a les conditions

$$\Psi^{(1)}(\mathcal{V}^0) = 0, \qquad \Psi^{(2)}(\mathcal{V}^0) = 0, \tag{10}$$

$$\Phi(\mathcal{V}^0) = \mathcal{V}^0, \tag{11}$$

$$\mathcal{L}_1^i A = -k_1 m \Phi^{(i-1)}(\mathcal{V}^0) i, \qquad \mathcal{L}_2^i A = -k^2 m \Phi^{(i-1)}(\mathcal{V}^0) i \qquad (i = 1, 2, \ldots, q), \tag{12}$$

où l'on a

$$A^q = \frac{(q+1)!}{q(l L_1^{q+1} - k L_2^{q+1})}. \tag{13}$$

Enfin on a les q conditions

$$\left\{ \begin{aligned} & -(1-m)\left(-\frac{\Phi^0}{\mathcal{V}^{02}} + \frac{\Phi'^0}{\mathcal{V}^0}\right) + \frac{1}{(q+2)!} A^q (l L_1^{q+2} - k L_2^{q+2}) = 0, \\ & \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ & -(1-m)\left((-1)^q \frac{\Phi^0}{\mathcal{V}^{0q+1}} \frac{1}{q!} + (-1)^{q-1} \frac{\Phi'^0}{\mathcal{V}^{0q}} \frac{1}{(q-1)!} + \ldots + \frac{\Phi^{0(q)}}{\mathcal{V}^0}\right) \\ & \qquad\qquad + \frac{1}{(2q+1)!} A^q (l L_1^{2q+1} - k L_2^{2q+1}) = 0, \\ & \Phi^{0i} = \Phi^{(i)}(\mathcal{V}^0) \qquad (i = 0, \ldots, q). \end{aligned} \right. \tag{14}$$

4. Une des constantes v_1^0, v_2^0 est arbitraire, les deux étant seulement liées par (3). Les démonstrations se font par approximations successives.

Je me propose d'étudier les intégrales de forme plus compliquée qui correspondent aux cas exceptionnels et aux sommets du polyèdre de Puiseux.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'extension à l'ordre n des théorèmes de M. Denjoy sur les nombres dérivés du premier ordre.* Note de M. **Frédéric Roger**, transmise par M. Émile Borel.

Soit $f(x)$ une fonction réelle uniforme de la variable réelle x. Au voisinage d'un point fixe x_0, prenons n points variables $x_1, x_2, \ldots, x_n$ tels qu'il y en ait toujours un même nombre k de plus d'un côté que de l'autre de x_0 ($0 \leq k \leq n$, k nécessairement de la parité de n). Relativement à ces $n+1$ points, formons le polynome d'interpolation de Lagrange de degré n

et considérons le produit par $n!$ du coefficient de son terme de plus haut degré

$$Q_{n,k}(f;\, x_0;\, x_1, x_2, \ldots, x_n) = n! \begin{vmatrix} 1 & x_0 & x_0^2 & \ldots & x_0^{n-1} & f(x_0) \\ 1 & x_1 & x_1^2 & \ldots & x_1^{n-1} & f(x_1) \\ \cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdots & \cdots & \cdots \\ 1 & x_n & x_n^2 & \ldots & x_n^{n-1} & f(x_n) \end{vmatrix} : \begin{vmatrix} 1 & x_0 & x_0^2 & \ldots & x_0^{n-1} & x_0^n \\ 1 & x_1 & x_1^2 & \ldots & x_1^{n-1} & x_1^n \\ \cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdots & \cdots & \cdot\cdot \\ 1 & x_n & x_n^2 & \ldots & x_n^{n-1} & x_n^n \end{vmatrix}.$$

Les valeurs limites de ce quotient $Q_{n,k}$ lorsque $x_1, x_2, \ldots, x_n$ tendent vers x_0 indifféremment mais toujours avec un excès de k points, soit à droite, soit à gauche de x_0, seront appelées *nombres dérivés droits ou gauches d'ordre n et de rang k de la fonction $f(x)$ au point x_0*.

THÉORÈME I. — *Les quatre nombres dérivés extrêmes d'ordre n et de rang k vérifient les théorèmes donnés par M. Denjoy pour les quatre nombres dérivés extrêmes du premier ordre* (¹).

En dehors d'un ensemble de valeurs de x dont la mesure est *nulle*, une fonction réelle uniforme $f(x)$ ne peut présenter que les *trois cas* suivants

1° Ses quatre nombres dérivés extrêmes d'ordre n et de rang k sont infinis, positivement pour les dérivés supérieurs, négativement pour les dérivés inférieurs : il y a *indétermination complète* pour la limite du quotient différentiel $Q_{n,k}$;

2° Deux nombres dérivés extrêmes de côtés différents sont finis et égaux, les deux autres sont infinis et de signes contraires : nous dirons que la fonction $f(x)$ admet au point x une *presque dérivée* d'ordre n et de rang k (valeur commune des nombres dérivés extrêmes finis), la seule valeur qui soit nombre dérivé pour les deux côtés alors que les autres nombres dérivés d'un côté sont plus petits et de l'autre plus grands;

3° Les quatre nombres dérivés extrêmes sont finis et égaux : le quotient différentiel $Q_{n,k}$ admet une limite unique, la *dérivée généralisée* d'ordre n et de rang k de la fonction $f(x)$ au point x.

THÉORÈME II. — *Exception faite d'un ensemble de valeurs de x dont la mesure est nulle, l'existence en un point x d'une presque dérivée (respectivement d'une dérivée généralisée) d'ordre n et de rang k pour une fonction réelle uniforme $f(x)$, entraîne l'existence :*

1° *Au point x considéré*, a, *d'une presque dérivée (respectivement d'une dérivée généralisée d'ordre* $n-1$ *et de rang* $k+1$, *en supposant* $k < n$ *et,*

(¹) A. DENJOY, *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 7e série, 1, 1915, p. 105-240.

pour $k = n$, d'une dérivée généralisée d'ordre $n - 1$ et de rang $n - 1$; b, *d'une dérivée généralisée d'ordre n et de rang $k - 1$, en supposant $k \neq 0$*; en définitive, *l'existence d'une presque dérivée (respectivement d'une dérivée généralisée) pour tout couple d'ordre et rang (n', k') tel que $n > n' \geqq (n + k)/2$, $k' = k + (n - n')$ et d'une dérivée généralisée pour tout couple (n', k') tel que $n' \leqq n$, $k' < k + (n - n')$;*

2° *Au voisinage du point x considéré, exception faite d'un ensemble de mesure nulle de ce voisinage où l'on s'abstient de définir les fonctions rencontrées, l'existence de dérivées successives ordinaires de la fonction $f(x)$ jusqu'à l'ordre $[(n + k)/2] - 1$, la dernière admettant au point x pour presque dérivée (respectivement pour dérivée ordinaire) du premier ordre la presque dérivée (respectivement la dérivée généralisée) d'ordre $(n + k)/2$ et de rang $(n + k)/2$ de la fonction $f(x)$.*

La démonstration de ces théorèmes repose sur l'étude de l'ensemble des valeurs de x où l'un des quatre nombres dérivés extrêmes d'ordre n et de rang k de $f(x)$ est fini. Une décomposition dénombrable permet d'introduire de l'uniformité dans les propriétés, ce qui conduit par des raisonnements parallèles à ceux développés dans ma Thèse (²), à des résultats très précis quant à chaque ensemble pris individuellement : sur chacun d'eux, $f(x)$ a même valeur qu'une fonction $\varphi(x)$ qui, en chaque point x, exception faite d'un ensemble de mesure nulle, admet des dérivées successives ordinaires jusqu'à l'ordre n inclusivement. Reste ensuite à revenir à la fonction $f(x)$ elle-même. Dans les raisonnements, on fait grand usage du développement limité de Taylor d'une fonction au voisinage d'un point : les conditions du théorème II entraînent l'existence, au point x, d'un *développement d'ordre n* de $f(x)$ dès que $(n + k)/2 > 1$.

Ces résultats serviront de base à une étude de géométrie différentielle des ensembles de points d'un espace euclidien à un nombre quelconque de dimensions, qui sera développée par ailleurs, parallèlement à l'étude tangentielle que j'ai faite (²) à partir des résultats du premier ordre.

Je citerai seulement, relativement au *second ordre*, un énoncé particulièrement simple :

Si, par chaque point d'un ensemble de l'espace à trois dimensions, on peut faire passer un plan laissant l'ensemble tout entier d'un même côté (*ensemble convexe*), cet ensemble admet en chaque point, sauf peut-être en certains qui forment un ensemble de *mesure superficielle nulle*, un *para-*

(²) *Acta mathematica*, 69, 1937, p. 99-133.

boloïde osculateur en ce sens que le cercle passant par le point et deux points voisins a mêmes positions limites que celui qui passe par le point et les deux points du paraboloïde de mêmes projections orthogonales que les premiers sur le plan définissant la convexité.

HYDRAULIQUE. — *Expériences sur l'écoulement entre piles de ponts.* Note [1] de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

Nous avons indiqué [2] les divers mouvements possibles (axial, noyé, critique, dénoyé) dans l'écoulement entre piles de ponts, ou encore dans le passage par un étranglement local dans un canal découvert, et nous avons établi certaines relations théoriques.

La présente Note concerne les expériences effectuées sur quatre types d'étranglement différents : piles n° 1, piles aérodynamiques n° 2, fente de 16^{cm}, fente de 10^{cm}, dont la figure 1 donne les dimensions essentielles. Pour simplifier l'exposé, nous le limiterons au cas de la fente de 10^{cm}, les trois autres systèmes fournissant des résultats tout à fait identiques aux valeurs numériques près.

La figure 2 indique, pour les trois valeurs de la charge totale amont H_1, 15^{cm}, 10^{cm}, 5^{cm} et en fonction du débit par unité de largeur q :

a. la courbe des valeurs expérimentales du tirant d'eau aval h_2, pour l'écoulement axial, l'écoulement noyé et l'écoulement critique;

b. la courbe des valeurs correspondantes de la charge totale aval H_2;

c. la courbe des valeurs théoriques du tirant d'eau moyen h' dans la section contractée S, dans le cas du mouvement axial, calculée à l'aide des relations (1) et (2) à partir des valeurs expérimentales de h_2, H_1, q;

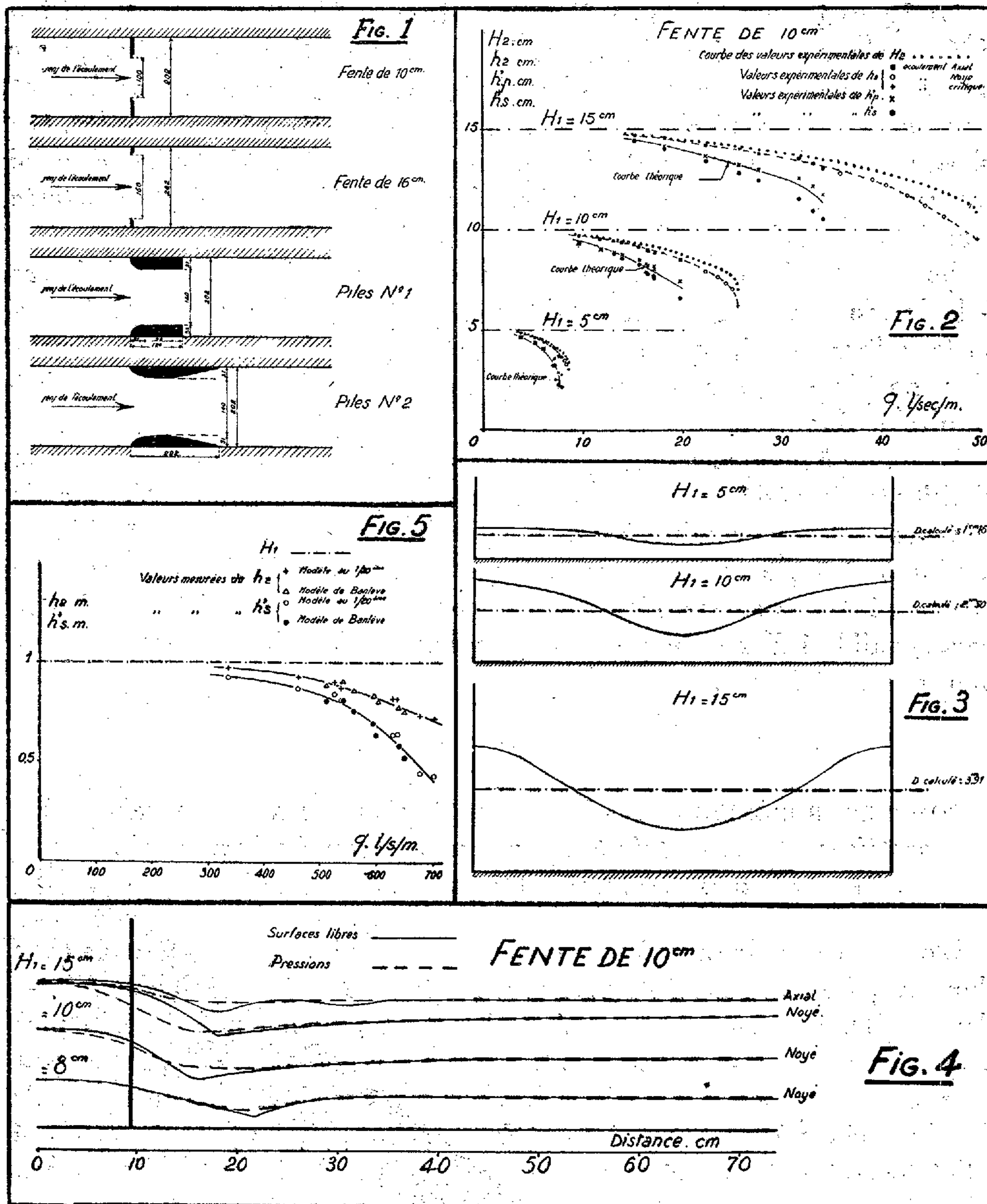
d. les valeurs mesurées du tirant d'eau h'_s et de la pression au fond h'_p dans l'axe de la section contractée S, h'_p étant un peu supérieur à h'_s en raison de la courbure des filets liquides.

On observe que les courbes théoriques donnant h' passent sensiblement au milieu des points fournissant d'une part h'_s, d'autre part h'_p, ce qui montre l'exactitude du point de vue théorique.

La figure 3 montre le profil en travers de la surface libre de la section S' située en amont du ressaut, dans l'écoulement critique, pour chacune des

(1) Séance du 26 juin 1939.

(2) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1970.



trois valeurs de H_1 considérées, et les valeurs théoriques correspondantes du tirant d'eau moyen D, calculées en fonction des valeurs expérimentales de h_2 critique et de q, au moyen de la relation (4); ici encore, la vérification de la théorie est très bonne; cette figure met en évidence la complexité du relief de la surface libre de la veine dénoyée.

La figure 4 reproduit le profil en long de la surface libre et la répartition des pressions sur le fond du canal, dans le plan vertical de symétrie, pour un écoulement axial correspondant à $H_1 = 15^{cm}$, et pour un écoulement noyé correspondant à chacune des trois valeurs de H_1, 15^{cm}, 10^{cm} et 5^{cm}. On observe sur ces courbes l'augmentation de pression vis-à-vis de la loi hydrostatique, résultant des accélérations centrifuges et déjà constatée dans la comparaison de h'_s et h'_p.

Nous avons cherché dans quelle mesure les phénomènes étudiés obéissent à la loi de similitude de Reech-Froude, seule applicable au système à surface libre étudié, en comparant la fente de 10^{cm} à un modèle de dimensions 20 fois plus grandes, monté dans le canal de 4^{m} de largeur du Laboratoire de Banlève.

La figure 5 montre comment, dans le cas de l'écoulement axial, la loi de similitude se vérifie sans aucune divergence systématique. L'étude de l'écoulement noyé conduit à une conclusion identique. Cette coïncidence est importante, car elle souligne d'une part la précision à attendre des études générales sur modèles réduits concernant ce domaine, et d'autre part la validité d'extension aux ouvrages industriels des résultats obtenus dans nos expériences.

COUCHES SUPERFICIELLES. — *Sur la réextension des couches de protéines et sur certaines anomalies de leurs isothermes.* Note de M. **Dikran Dervichian**, présentée par M. Jean Perrin.

L'existence de deux types de couches de protéines a été signalée [1] : l'un (A), formé sous faible pression, a une viscosité superficielle faible; l'autre (B), étalé sous une pression plus élevée, montre une viscosité plus grande, croissante avec le temps. Les couches B, en particulier, présentent aussi avec le temps un accroissement de l'aire sous pression constante. Ce dernier phénomène est bien connu (Gorter, Philippi, etc.) et a été attribué à l'étalement lent de parties restées en amas ou entraînées par dissolution à l'intérieur du support et remontant en s'adsorbant.

Réextension. — Un autre phénomène ayant pour siège la couche elle-même est aussi responsable de cette variation d'aire. Les mesures ont été

---

(1) M. Joly, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 975; J. Guastalla, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1078.

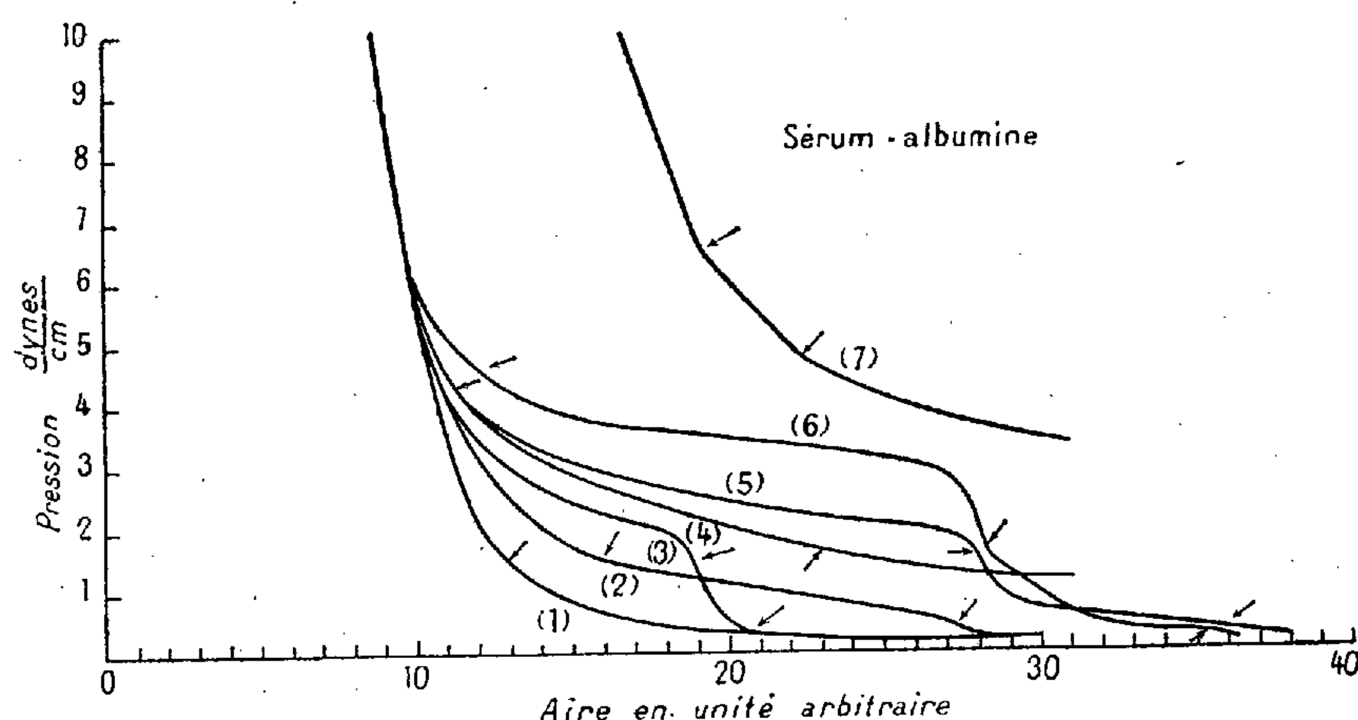
faites avec le dispositif ordinaire de Marcelin-Guastalla (sensibilité $= 0,02$ dyne/cm). Une couche de sérum-albumine, formée sous 4 dynes sur HCl N/100, est maintenue plusieurs heures à cette pression jusqu'à ce que les variations de l'aire soient devenues peu notables. Si alors on détend cette couche au-dessous de 0,3 dyne, on trouve, en la ramenant au bout de quelques minutes à 4 dynes, que l'aire qu'elle occupait a augmenté. En recommençant, on trouve une augmentation à chaque fois. Ceci a été observé autant en étalant à partir du cristal qu'à partir d'une solution. Le point important est qu'il ne s'agit pas là d'un simple accroissement de la quantité de substance étalée. Car, alors que l'aire sous 4, 3 ou 2 dynes a augmenté à peu près de la même quantité, les variations sont nettement plus petites au-dessous de 1,5 dyne et négligeables vers 0,5 ou 0,3 dyne. Bien plus, avec une couche de gliadine, l'aire à faible pression décroît. L'ovalbumine se comporte comme la sérum-albumine. Ceci revient à dire que la forme de l'isotherme change et que, dans l'ensemble, la couche devient moins compressible. Aucune réextension ne s'observe avec les couches A. Le tableau donne, pour la sérum-albumine et la gliadine, les aires d'une couche à différentes pressions, avant et après une série de réextensions.

	Sérum-albumine			Gliadine		
Pression.	avant.	après.	réextension.	avant.	après.	réextension.
	cm²	cm²	%	cm²	cm²	%
4.....	234	310	32,5	–	–	–
3.....	248	326	31,5	107	136	27
2.....	270	344	27,5	119	146	22,7
1.....	366	386	5,5	136	157	15,5
0,5...	448	455	1,6	159	166	4,4
0,3...	–	–	–	194	176	–9,3

Anomalies dans les isothermes. — Les isothermes des protéines obtenues par différents auteurs ont toutes une forme analogue à celle de la courbe 1 de la figure. Cependant Mitchell (²) a obtenu des courbes qui, ramenées aux variables pression-aire, se présenteraient comme la courbe 2. Ces mesures ont toujours été faites avec l'appareil à bandelette de Langmuir. Avec l'appareil de Marcelin, basé sur le même principe, nous obtenons aussi le même genre de courbe. Mais en utilisant l'appareil enregistreur (³),

(²) *Trans. Farad. Soc.*, 33, 1937, p. 1129.
(³) D. Dervichian, *Journ. de Phys.*, 7, 6, 1935, p. 221 et 427; *Ann. de Phys.*, 11ᵉ série, 8, 1937, p. 361.

basé sur la méthode de Wilhelmy (sens. 0,05 dyne env.), j'ai trouvé des courbes présentant, au-dessous de 6 dynes, toutes les formes entre 1 et 6 (*fig.*). Une cinquantaine d'enregistrements ont été faits avec la gliadine,



l'ovalbumine et la sérum-albumine, sur HCl N/100 entre 17 et 20°. On pourrait penser qu'avec les protéines des accidents fortuits surviennent à la lamelle et que la courbe donnée par l'appareil n'a plus de signification. Or, un certain nombre de points de repère nous permettent d'affirmer que l'on mesure effectivement la pression superficielle. Les courbes présentent vers 6 dynes l'accroissement brusque de pente signalé par tous les auteurs (voir la courbe 7 tracée avec une échelle des aires 2 fois plus grande). La gliadine donne une brisure nette à 15,7 dynes, la sérum-albumine, un changement d'allure vers 4,5 et l'ovalbumine, vers 3,5; ces trois valeurs coïncident avec les pressions de gélification que Joly a trouvées pour les mêmes échantillons. On observe un changement d'allure vers 0,3 dyne (limite supérieure de formation des couches A). Enfin, quelle que soit leur forme, toutes les courbes présentent un point d'inflexion ou un changement d'allure vers 1,5 dyne (pression critique de la réextension et limite inférieure de formation des couches B). De plus le potentiel de surface, enregistré simultanément, révèle des coudes ou des inflexions qui correspondent à celles des isothermes.

Il ne doit pas s'agir de rupture d'équilibre instable, car certains clichés, tracés en interrompant la compression à intervalles réguliers, présentent les mêmes caractères (que les couches soient des couches A ou B, fraîches ou vieillies 4 à 5 heures). Je pense que, *même dans la région relativement*

condensée, la couche est formée d'au moins deux phases à deux dimensions.

La concentration superficielle n'a pas été déterminée. Sur la figure, la valeur 10 a été arbitrairement attribuée à l'aire occupée sous 6 dynes.

CHALEUR. — *Intégration de l'équation de la convection naturelle.* Note de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

I. Boussinesq a donné, sous la forme suivante, l'équation de la convection naturelle de la chaleur par un plan vertical mince, infiniment étendu dans le sens horizontal (coordonnée y), dans un fluide parfait peu conducteur :

$$(1)\quad \left(-\frac{\partial\varphi}{\partial z}\frac{\partial}{\partial x}+\frac{\partial\varphi}{\partial x}\frac{\partial}{\partial z}\right)\left[-\frac{\partial\varphi}{\partial z}\frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\varphi}{\partial x\partial z}\frac{\partial\varphi}{\partial x}\right]=\frac{K}{C}\frac{\partial^2}{\partial x^2}\left[-\frac{\partial\varphi}{\partial z}\frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\varphi}{\partial x\partial z}\frac{\partial\varphi}{\partial x}\right].$$

K est la conductibilité thermique, C, la chaleur spécifique volumique du fluide. φ est le potentiel des vitesses (la composante U parallèle à l'axe des x normal au plan étant $-\partial\varphi : \partial z$ et, la composante W, selon z, verticale, $\partial\varphi : \partial x$). La température θ, en un point, est donnée par (g, accélération due à la pesanteur; α, coefficient de dilatation)

$$g\alpha\theta=-\frac{\partial\varphi}{\partial z}\frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\varphi}{\partial x\partial z}\frac{\partial\varphi}{\partial x}.$$

Boussinesq, ayant précisé enfin les conditions aux limites, s'était borné à constater que le problème ainsi posé paraissait *inabordable*.

II. Or, en nous inspirant des considérations développées dans une Note antérieure [1], nous avons trouvé que l'*on pouvait former une solution complète*, tout au moins dans le cas, très suffisant pour la discussion, du demi-plan chaud indéfini, ($x=0$, $z>0$). L'équation (1) s'écrit en effet *symboliquement* (à des fonctions près du paramètre), $x\varphi=z$, la température s'exprimant, elle, par $\varphi^2 : xz$ (*loc. cit.*). Si θ doit se réduire, sur le plan chaud, à une fonction de z, de la forme z^γ, on trouve, en éliminant x entre

$$\varphi x=z,\qquad \varphi^2 : zx^2=z^\gamma,$$

que φ^4 est égal symboliquement à $z^{\gamma+3}$. D'où il suit que x est donné symboliquement par $z^{(1-\gamma):4}$. C'est-à-dire enfin, en langage ordinaire, que la

(1) Pierre Vernotte, *Comptes rendus*, **208**, 1939, 1712.

solution φ s'exprimera au moyen du paramètre $u = xz^{-(1-\gamma):4}$, sous la forme

$$\varphi = z^{\frac{\gamma+3}{4}} f\left(xz^{-\frac{1-\gamma}{4}}\right). \tag{2}$$

Supposons uniforme la température du demi-plan chaud, c'est-à-dire γ nul. On pose alors $u = xz^{-1/4}$ et $\varphi = z^{3/4} f(xz^{-1/4})$.

f est donnée par l'équation simplement différentielle du quatrième ordre

$$3\,\mathrm{C} f(2f'^2 - 3ff'')' + \mathrm{K}(2f'^2 - 3ff'')'' = 0 \tag{3}$$

(elle s'abaisserait au troisième ordre dans le cas très spécial de $\gamma = -3$); et θ par

$$4g\alpha\theta = 2f'^2 - 3ff''. \tag{4}$$

Il faut encore s'assurer que les conditions aux limites peuvent être satisfaites. On écrit d'abord que, sur le plan ($x = 0$, $u = 0$), U égal à $-\partial\varphi : \partial z$, est nul. Puis, si θ_0 est la température du plan,

$$4g\alpha\theta_0 = 2f_0'^2 - 3f_0 f_0''. \tag{5}$$

Observons (on fait *la même* approximation dans le cas de la convection *forcée*) que, par suite de la petitesse de K, la propagation de la chaleur ne se fait pas en remontant les filets d'air en mouvement, et, en conséquence, que pour $z = 0$ (comme déjà pour $z < 0$), c'est-à-dire pour $u = \infty$, il n'y a pas de filets chauds, donc pas d'air en mouvement, ce qui donne les conditions $\partial\varphi : \partial z = 0$, $\partial\varphi : \partial x = 0$. A une distance du plan x, très notable, tout au moins pour les valeurs de z modérées, on doit trouver les mêmes conditions; or cela correspond toujours sensiblement à $u = \infty$ (nous retrouvons encore, ici, une approximation faite en convection forcée). En exprimant les conditions : en f correspondantes, on trouve finalement les quatre conditions que f est nul à l'origine et à l'infini, que f' est nul à l'infini et vaut $\sqrt{2g\alpha\theta_0}$ à l'origine. Le problème posé est donc soluble et déterminé.

L'intégration de l'équation (3) est très difficile. Des considérations simples indiquent cependant que, F_i et G_i étant des développements limités entiers (sur lesquels nous ne pouvons insister), dépendant de deux paramètres qui correspondent, dans chaque cas, aux deux conditions aux limites restant à exprimer, la solution est, dans le domaine de l'origine, de la forme

$$\sum_1^\infty \mathrm{F}_i(u)\log^i u, \quad \text{et} \quad \sum_1^\infty \mathrm{G}_i(1:u)\log^i u$$

au voisinage de l'infini. Le raccordement entre les deux développements, et la détermination des paramètres se font par les séries divergentes, que nous avons appris à sommer (*loc. cit.*).

La loi des températures indique que les isothermes sont des courbes $z = Ax^4$.

III. Si la surface chaude n'est pas illimitée vers le haut, on forme, de la manière suivante, une solution très approchée (fondée encore sur le non-recul de la chaleur dans les filets). Soit h la hauteur de la bande plane chaude. On calculera les vitesses U_0 et W_0 pour $z = h$, comme si la bande était indéfinie vers le haut, puis on formera, pour l'espace s'étendant au-dessus, une solution analogue à (2), soit $\Phi = z^{\alpha'}F(xz^{-\beta'})$, que l'on déterminera par les conditions $\partial\Phi : \partial x = 0$, $\partial\Phi : \partial z = 0$, pour $x = 0$, c'est-à-dire pour $u = 0$ (par raison de symétrie); et $\partial\Phi : \partial x = W_0$, $\partial\Phi : \partial z = -U_0$, pour $u = \infty (z = 0)$. Ces deux dernières conditions qui sont des conditions en x, ne sont pas exactement vérifiables; mais il se trouve qu'elles le sont cependant avec une approximation suffisante, parce que, pour les grandes valeurs de u, f est de l'ordre de $1 : u$. Il faut simplement prendre α' négatif, et assez grand en valeur absolue ($\beta' = -\alpha' - 1$).

ÉLECTRICITÉ. — *Sur des phénomènes de transition découverts dans les aluns à basse température.* Note de M. **Robert Guillien**, présentée par M. Aimé Cotton.

Le sulfate d'ammonium subit une transition λ ([1]) vers — 50°C., accompagnée d'une très forte absorption électrique et d'une très forte anomalie de la constante diélectrique ([2]). J'ai recherché si les sels doubles de $SO^4(NH^4)^2$ montraient de tels phénomènes. La constante diélectrique de SO^4Fe, $SO^4(NH^4)^2$, $6H^2O$ a une anomalie vers — 50°C., celle de SO^4Cu, $SO^4(NH^4)^2$, $6H^2O$ n'en a pas.

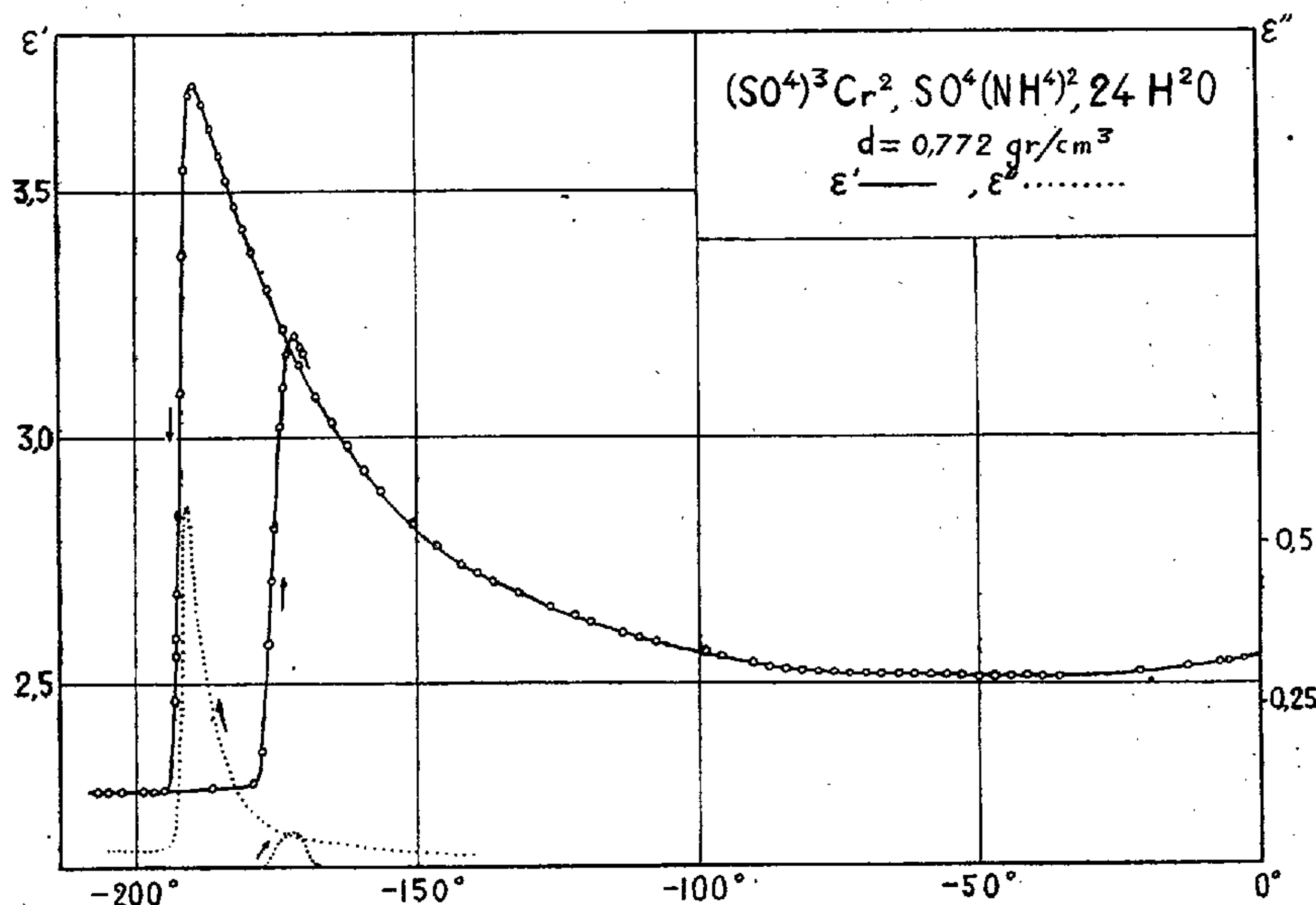
J'ai étudié ensuite la constante diélectrique ε' de l'alun de fer et d'ammonium dont la variation thermique a été toute différente; ε' décroît de + 25°C. jusque vers — 100°C., croît ensuite jusque vers — 187°C. et diminue alors brusquement, l'absorption électrique ε'' passe également par un maximum, les courbes (ε', t) et (ε'', t) ayant même forme que celles de

---

([1]) J. L. Crenshaw et I. Ritter, *Zeits. für Phys. Chem.*, B, 8, 1930, p. 255.

([2]) R. Guillien, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 980.

la figure. J'ai constaté que *la chaleur spécifique c a aussi un maximum; il s'agit vraisemblablement d'une transition* λ. Malgré l'hystérésis thermique des phénomènes, *on peut affirmer que c*, ε'', ε' *ne sont pas maxima en même*



temps : quand *t* croît, *c* est maxima à —188°,4C., ε'' à —187°,9C., ε' à —187°,5C., la fréquence étant de 111 kilocycles. Une étude préliminaire de la dispersion a montré que ε' ne dépend de la fréquence que dans la région où ε'' est appréciable (—160°C. à —200°C.). Pour une poudre cristalline de densité 0,806 g/cm³, à 994 kilocycles ε'' est 7 fois plus grand qu'à 136 Kc, mais le maximum de ε' est plus petit de 26 %.

J'ai trouvé des phénomènes très semblables pour d'autres aluns. L'alun ordinaire $(SO^4)^2$ AlK, $12\,H^2O$ se distingue des autres : ε'' est négligeable, la courbe (ε', *t*) n'a pas de maximum, mais un simple coude à —183°,9C. Les phénomènes de transition peuvent exister sans la présence de NH^4, ils disparaissent dans l'alun de fer déshydraté, le réseau cristallin étant alors détruit on peut seulement dire que ces phénomènes sont dus soit à l'eau, soit au réseau cristallin. Il est intéressant de remarquer que le maximum de ε'' a lieu pour tous ces corps à une température inférieure à celle du maximum de ε' comme pour les liquides visqueux. Ceci est d'accord avec les idées de Pauling ([3]) suivant lesquelles un moment électrique peut avoir sa

([3]) *Phys. Review*, 36, 1930, p. 430.

rotation gênée au-dessous d'une certaine température par l'action du réseau.

Le tableau ci-dessous résume les résultats obtenus pour les aluns $(SO^4)^2AB, 12H^2O$, les quantités mesurées au refroidissement sont affectées d'une flèche ↓, les quantités mesurées au réchauffement sont affectées d'une flèche ↑. La température du maximum de ε' est t_1, celle du maximum de ε'' est t_2, $\Delta\varepsilon' = (\varepsilon'_{t_1} - \varepsilon'_{-210°})/\varepsilon'_{-210°}$, d est la densité de la poudre cristalline en gr/cm³.

A.	B.	d.	↓ $\Delta\varepsilon'$.	↓ t_1.	↑ $\Delta\varepsilon'$.	↑ t_1.	↓ t_2.	↑ t_2.
Fe	NH^4...	0,712	0,99	−187,5	0,99	−187,5		−187,9
Cr	NH^4...	0,772	0,71	−189,7	0,41	−171,7	−190,85	−172
Al	NH^4...	0,883	0,34	−194,2	0,34	−194	−200,6	
Cr	K.....	0,781	0,48	−191,7	0,36	−178,7	−196,6	
Al	K.....	0,963	0,009	−183,9	0,009	−183,9		

ÉLECTRICITÉ. — *Récentes comparaisons des unités électriques des divers pays.* Note de MM. **Albert Pérard**, **Miroslav Romanowski** et **Michel Roux**, présentée par M. Charles Fabry.

Le Comité international des Poids et Mesures avait prévu pour le mois de juin 1939 une réunion de son Comité consultatif d'Électricité, dans le but de préparer le passage, au 1er janvier 1940, des unités électriques dites internationales (à représentation artificielle) aux unités électriques absolues (dérivant des unités électromagnétiques C.G.S.). Conformément à la mission confiée au Bureau international, nous avons exécuté, en vue des travaux de ce Comité consultatif, une comparaison très précise des étalons électriques des grands laboratoires nationaux, de façon à déterminer les écarts qui existent, en l'état présent, entre les unités *internationales* réalisées et conservées par les divers pays. Cette étude a été effectuée au début de 1939 par deux d'entre nous (Pérard et Romanowski) pour les ohms étalons, et par deux autres d'entre nous (Romanowski et Roux) pour les éléments Weston, étalons de force électromotrice.

La méthode employée pour la comparaison des résistances était une variante du pont double de Thomson qui avait servi à des comparaisons analogues précédentes. Il faut toutefois signaler que cette méthode a été profondément modifiée avant cette dernière comparaison, en vue de l'élimination des résistances des prises de courant de potentiel des ohms étalons. Pour autant qu'il est possible de porter un jugement sur la précision atteinte, par l'examen des erreurs résiduelles enregistrées au cours

des mesures, on peut estimer que cette précision s'est constamment élevée au cours des travaux successifs : en 1935, les plus fortes erreurs résiduelles étaient de l'ordre de $0^{\mu\Omega},3$, en 1937 de l'ordre de 0,15; en 1939 elles sont, sauf une seule exception, inférieures au dixième de microhm. Les précautions générales prises pour ce dernier travail ont été équivalentes à celles des travaux précédents ([1]). En tenant compte d'une part des écarts trouvés par nous entre les valeurs des étalons, et d'autre part des valeurs communiquées par les laboratoires nationaux d'après les mesures effectuées par eux avant et après nos expériences en fonction de leurs unités respectives, on peut trouver les écarts des unités nationales elles-mêmes entre elles. Ces écarts sont présentés dans le tableau ci-dessous; dans le but de mettre en évidence les évolutions subies par les unités des laboratoires, en dehors des changements qu'ont apportés volontairement certains de ces laboratoires à leur unité, la base de référence de ce tableau n'est pas l'unité moyenne au moment même de chacune des mesures, mais l'unité moyenne Ω_M à une époque fixe, celle de la session du Comité consultatif en 1935, cette unité moyenne étant supposée conservée ensuite par la moyenne des six grands laboratoires nationaux, compte tenu de leurs changements intentionnels.

Valeurs successives des unités nationales de résistance électrique ([1]).

	Nov. 1933 Ω_M.	Mars 1935 Ω_M.	Déc. 1936 Ω_M.	Fév. 1939 Ω_M.
Allemagne, Ω_A	$+10,6\mu\Omega$	$+9,8\mu\Omega$	$+6,6\mu\Omega$	$+9,1\mu\Omega$
États-Unis, Ω_E	$-6,4$	$-5,5$	$-3,7$	$-3,2$
France Ω_F	$+73,0$	$+69,5$	–	–
France Ω_F modifié	–	0,0	$+0,9$	$+3,7$
Grande-Bretagne, Ω_G	$-5,2$	$-3,6$	$-3,9$	$-6,5$
Japon, Ω_J	$-8,3$	$-11,2$	$-10,0$	$-14,4$
U. R. S. S. Ω_U	$+9,5$	$+10,6$	–	–
U. R. S. S. Ω_U modifié	–	0,0	$-0,4$	$+0,8$

Pour comparer les groupes d'éléments Weston représentant les volts des laboratoires nationaux, on s'est servi d'un potentiomètre établi spécialement pour le Bureau international et adapté à la mesure des faibles forces électromotrices résultant de la mise en opposition des deux

([1]) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1288; **199**, 1934, p. 523.

([2]) Ω_M moyenne de la colonne de mars 1935, en prenant pour la France Ω_F modifié et pour l'U. R. S. S. Ω_U non modifié, cette dernière modification n'ayant été apportée qu'*après* la session du Comité consultatif.

éléments en comparaison. L'examen des erreurs résiduelles montre ici que la précision atteinte au cours des comparaisons est, de même qu'en 1937, de l'ordre de 2 à 3 dixièmes de microvolt; en 1934, la précision avait été un peu inférieure. Les résultats sont exprimés dans le tableau ci-dessous, où V_M a une définition semblable à celle donnée plus haut pour Ω_M (colonne décembre 1934 : V_F modifié et V_U non modifié).

Valeurs successives des unités nationales de force électromotrice.

	Déc. 1934 V_M.	Janv. 1937 V_M.	Fév. 1939 V_M.
Allemagne, V_A	-4 µV	$-7,3$ µV	$-5,5$ µV
Etats-Unis, V_E	-12	$-9,5$	$-11,2$
France { V_F	-76	–	–
France { V_F modifié	0	$+0,7$	$+18,5$
Grande-Bretagne, V_G	$+5$	$+7,6$	$+6,5$
Japon, V_J	-2	$+0,7$	$+1,3$
U. R. S. S. { V_U	$+13$	–	–
U. R. S. S. { V_U modifié	0	$-5,5$	$-23,1$

Les modifications subies par les unités de force électromotrice sont sensiblement plus fortes que celles des unités de résistance. Cela tient évidemment à la nature des instruments servant à les conserver les unes et les autres : élément de pile électrique ou fil métallique recuit.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur les oscillations électromagnétiques naturelles d'une cavité sphérique.* Note de M. **Marc Jouguet**, présentée par M. Émile Jouguet.

On considère, dans un corps parfaitement conducteur, une cavité ayant la forme d'une sphère de rayon a, et l'on se propose de déterminer les régimes d'oscillations électromagnétiques qui lui sont propres. On utilise, pour cela, les équations de Maxwell en coordonnées polaires r, θ et φ. Il existe, d'une part, des régimes présentant la symétrie de révolution et, d'autre part, des régimes dans lesquels certains plans méridiens sont des plans nodaux pour l'un ou l'autre des deux champs.

La présente Note ne traite que des premiers; pour les déterminer, on cherche des intégrales telles que les composantes des champs soient de la forme

$$e^{j\omega t}F(r, \theta).$$

Dans ces conditions, les équations de Maxwell se réduisent aux suivantes (unités électromagnétiques)

$$
(1)\qquad \left\{
\begin{aligned}
j\frac{\omega}{c^2}r^2\sin\theta\,E_r &= \frac{\partial}{\partial\theta}(rH_\varphi\sin\theta),\\
j\frac{\omega}{c^2}rE_\theta &= -\frac{\partial}{\partial r}(rH_\varphi),\\
j\frac{\omega}{c^2}E_\varphi &= \frac{\partial}{\partial r}(rH_\theta)-\frac{\partial H_r}{\partial\theta},\\
j\omega r^2\sin\theta\,H_r &= -\frac{\partial}{\partial\theta}(rE_\varphi\sin\theta),\\
j\omega rH_\theta &= \frac{\partial}{\partial r}(rE_\varphi),\\
j\omega rH_\varphi &= -\frac{\partial}{\partial r}(rE_\theta)+\frac{\partial E_r}{\partial\theta}.
\end{aligned}
\right.
$$

Les intégrales doivent satisfaire aux conditions suivantes :

a. Les composantes des champs doivent être finies en tout point de la cavité et, en outre, E_φ et H_φ doivent être nulles sur l'axe de révolution.

b. Sur la surface de la sphère le champ électrique doit être normal; $E_\varphi = E_\theta = 0$ pour $r = a$.

En posant $Z = rE_\varphi \sin\theta$ et $N = rH_\varphi \sin\theta$, et en éliminant E_r, E_θ, H_r et H_θ entre les équations (1), on obtient, pour déterminer Z et N, deux équations séparées et identiques de la forme

$$
(2)\qquad \frac{\partial^2\Phi}{\partial r^2}+\frac{1}{r^2}\frac{\partial^2\Phi}{\partial\theta^2}-\frac{1}{r^2}\cot\!g\,\theta\,\frac{\partial\Phi}{\partial\theta}+k^2\Phi = 0,
$$

dans laquelle Φ désigne Z ou N et $k = \omega/c$.

Du fait que les équations en Z et N sont séparées résulte l'existence de deux types d'oscillations fondamentales :

1° *Type magnétique* ($Z = 0$ d'où $H_r = H_\theta = 0$). — Les lignes de force magnétique sont des cercles ayant tous l'axe de révolution pour axe; les lignes de force électrique sont dans les plans méridiens et leur équation générale en coordonnées polaires est $N(r, \theta) =$ constante.

Les conditions aux limites *b* se réduisent à $\partial N/\partial r = 0$ pour $r = a$.

2° *Type électrique* ($N = 0$ d'où $E_r = E_\theta = 0$). — Les lignes de force électrique sont des cercles coaxiaux; les lignes de force magnétique sont dans les plans méridiens et ont pour équation $Z(r, \theta) =$ constante.

Les conditions *b* se réduisent à $Z = 0$ pour $r = a$.

Désignant maintenant par Ψ l'une des composantes E_φ ou H_φ, si l'on

cherche les intégrales de (2) telles que Ψ soit le produit d'une fonction de θ par une fonction de r, on trouve, pour celles qui satisfont aux conditions (a), l'expression générale

$$\Psi = \mathrm{A}\, r^{\alpha+1}\, \mathrm{P}^{1}_{\alpha+1}\, \mathrm{J}\left(\alpha + \frac{3}{2},\, kr\right), \tag{3}$$

dans laquelle A est une constante arbitraire, α un entier quelconque positif ou nul; on désigne par P^m_n les polynomes de Legendre en $\sin\theta$ et $\cos\theta$; enfin $\mathrm{J}(p, x)$ représente la fonction de Bessel

$$\mathrm{J}(p, x) = 1 - \frac{x^2}{2^2(p+1)} + \frac{x^4}{2^4\, 1.2(p+1)(p+2)} - \ldots. \tag{4}$$

Les polynomes de Legendre qui figurent dans (3) ont la forme générale

$$\mathrm{P}^{1}_{\alpha+1} = \sin\theta\, f_\alpha(\cos\theta), \tag{5}$$

f_α étant un polynome de degré α en $\cos\theta$, qui ne contient que des termes de degré pair (zéro compris) ou des termes de degré impair suivant que α est lui-même pair ou impair, et dont les coefficients se calculent par la formule de récurrence

$$a_{n+2} = \frac{(n-\alpha)(n+\alpha+3)}{(n+1)(n+2)}\, a_n. \tag{6}$$

A chaque valeur de α correspondent une série infinie de régimes type magnétique et une série infinie de régimes type électrique. Les fréquences d'oscillation sont déterminées par la condititio n (b) qui donne les équations en ka

$$(\alpha+2)\,\mathrm{J}\left(\alpha + \frac{3}{2},\, ka\right) + ka\frac{d}{dx}\mathrm{J}\left(\alpha + \frac{3}{2},\, ka\right) = 0 \tag{7}$$

pour les séries du type magnétique, et

$$\mathrm{J}\left(\alpha + \frac{3}{2},\, ka\right) = 0 \tag{8}$$

pour les séries du type électrique.

AÉROSOLS. — *Ultramicroscopie à grande distance frontale pour l'étude des aérosols.* Note [1] de M. **Pierre Tauzin**, présentée par M. Charles Fabry.

Le microscope est construit d'habitude pour observer des objets placés très près de sa lentille frontale. C'est là parfois un inconvénient, déjà

(1) Séance du 26 juin 1939.

signalé, notamment lorsqu'il s'agit d'observer un corps porté à température élevée [2], ou certains minéraux de forme compliquée [3]. Le même inconvénient existe pour l'observation ultramicroscopique des particules en suspension dans les gaz (aérosols). Ces particules, contenues dans de petites cuves, disparaissent rapidement du champ d'observation par dépôt sur les parois. Il peut y avoir intérêt à produire les aérosols dans des cuves de grand volume et à observer, de l'extérieur, les particules au centre de la cuve. La première expérience réalisée dans ce sens est due à Millikan [4]; cet auteur suivait le mouvement d'une gouttelette d'huile distante de 60^{cm} du verre frontal de la lunette d'observation.

J'ai réalisé deux montages, pour observer des particules, l'un au centre d'une cuve cubique de 10^{cm} de côté intérieur, l'autre au centre d'une chambre cubique de 4^m de côté intérieur. Des montages pour des cuves de dimensions différentes sont faciles à imaginer. La figure représente ces montages. Les particules sont observées dans la direction $S'P_1$ perpendiculaire au faisceau qui les éclaire, ou mieux dans une direction $S'P_2$ très voisine de ce faisceau. Ces particules sont, comme on sait, d'autant plus lumineuses qu'on les observe dans une direction plus voisine du faisceau directement transmis.

La source lumineuse S est le cratère positif d'un arc au charbon de 5 ampères. La lentille d'éclairage E donne une image de ce cratère au centre de la cuve. Pour la cuve de 10^{cm} de côté, E est un objectif photographique ($f = 11^{cm}$, $o = 2^{cm},9$). Pour la cuve de 4^m de côté, E est un objectif astronomique ($f = 225^{cm}$, $o = 16^{cm}$). Pour chaque cuve, l'objectif d'observation est identique à l'objectif d'éclairage. Cet objectif d'observation donne une image réelle des particules situées au centre de la cuve, image que l'on observe avec un oculaire.

Si l'on veut mesurer la vitesse de chute des particules, il faut empêcher les mouvements de l'air à l'intérieur des cuves. La figure montre le schéma de ces cuves; elles sont constituées par des parois métalliques, isolées thermiquement du milieu extérieur par du liège. Malgré ces précautions, le faisceau d'éclairage échauffe les glaces G_1 et G_2 qu'il traverse, et produit toujours des mouvements ascendants de l'air le long de ces glaces.

---

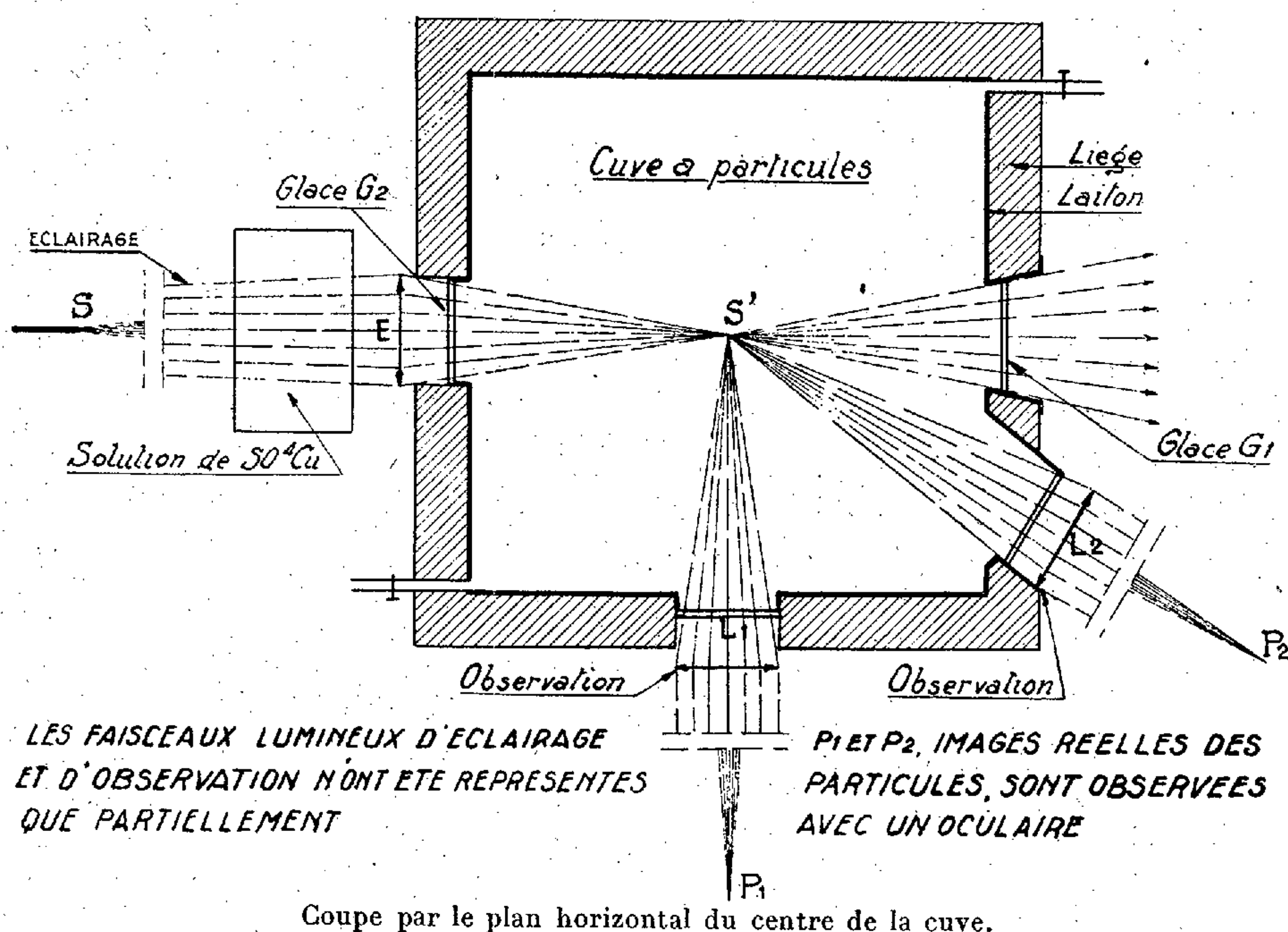
(2) Bouasse, *Construction, description et emploi des appareils de mesure et d'observation*, p. 327.

(3) G. Deflandre, *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 1242.

(4) *L'Électron*, traduction Lepape.

On fait obstacle à ces mouvements, dans une certaine mesure, en plaçant G_1 et G_2 en saillie sur les parois de la cuve, le faisceau d'éclairage étant horizontal. En outre on interpose sur le trajet de ce faisceau la cuve classique contenant une solution de sulfate de cuivre.

Une autre difficulté provient du fait que les faisceaux lumineux d'éclai-



Coupe par le plan horizontal du centre de la cuve.

rage et d'observation sont affaiblis par la diffusion due aux particules contenues dans la cuve. L'aérosol à étudier doit être d'autant moins concentré que la cuve où on l'observe a un plus grand volume.

L'ultramicroscopie à grande distance frontale est adaptée à diverses études, entre autres les suivantes :

a. Coagulation des aérosols. — Dans la cuve de 10^{cm} de côté, j'ai observé de la fumée de tabac et de l'huile de vaseline pulvérisée. Mais, contrairement à ce que divers auteurs ont généralement trouvé par d'autres méthodes pour d'autres aérosols ([5]), je n'ai jamais observé de chocs des particules entre elles.

b. Relation entre la lumière diffusée d'une part et le diamètre des particules

([5]) WHYTLAW-GRAY et PATTERSON, *Smoke*, London, 1932, p. 42.

et leur nombre par centimètre cube d'autre part. — Dans la cuve de 10^{cm} de côté, on peut observer la lumière diffusée par les particules; on peut mesurer leur vitesse de chute, et en déduire leurs diamètres; on peut enfin compter celles qui sont contenues dans un volume donné, limité optiquement par l'image d'une fente. On a donc tous les éléments pour établir la relation en question.

SPECTROSCOPIE. — *Étude de la transmission de quelques nitriles dans l'infrarouge lointain.* Note de MM. **Pierre Barchewitz** et **Maurice Parodi**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous nous sommes proposé d'étudier la transmission de quelques nitriles dans la région du spectre infrarouge s'étendant de 180 à 550 cm^{-1}. A cet effet, comme nous l'avons indiqué d'autre part (1), nous avons formé des solutions de ces composés dans de la paraffine et l'absorption en a été étudiée au moyen d'un montage décrit dans un travail antérieur (2).

Les bandes observées se trouvent classées dans le tableau ci-après.

	Fréquences (en cm^{-1}).									
C^6H^5CN......	–	384(D)	323	–	264	–	206	–	–	–
CCl^2HCN....	444	369(D)	324	–	244	222	198	–	–	–
C^2H^5CN.....	478	375(D)	335	–	257	216	–	–	–	–
C^3H^7CN.....	502	386(D)	–	290	250	–	–	–	–	–
CH^3CN......	–	390(D)	350	313	283	271	260	244	228	210

L'examen de ce tableau conduit aux considérations suivantes :

a. Tous les nitriles examinés possèdent une bande d'absorption, distinguée par (D) dans le tableau, dont la fréquence est comprise entre 375 et 390 cm^{-1}; nous pensons qu'elle est due à la vibration de déformation de la liaison $C \equiv N$; ceci est confirmé par le fait que la fréquence correspondante, active dans le spectre de diffusion, a été observée pour la plupart des composés indiqués; on l'a trouvée par exemple, égale à 380 cm^{-1} pour l'acétonitrile et à 382 cm^{-1} pour le propionitrile (3).

b. L'ensemble des composés étudiés présente une autre série de bandes dont les fréquences oscillent entre 244 et 264 cm^{-1}.

(1) M. Parodi, *Thèse*, Paris, 1938.

(2) P. Barchewitz et M. Parodi, *Journal de Physique*, **10**, 1938, p. 143.

(3) Reitz et Skkrabal, *Sitz. Ber. Akad. Wiss. Wien*, II *b*, **146**, 1937, p. 398.

c. Les bandes observées pour l'acétonitrile, de fréquences inférieures à 350 cm^{-1}, peuvent provenir de la rotation du groupement CH^3 autour de l'axe de symétrie de la molécule.

Le moment d'inertie de ce groupement par rapport à l'axe de symétrie ressort à $5,4.10^{-40}$ g./cm^2, ce qui conduit à une distance entre bandes de 10,2 cm^{-1}; elle est de l'ordre de grandeur de la distance observée entre certaines de nos bandes.

Pour confirmer l'existence des bandes de rotation, nous avons étudié la transmission de CH^3I; les fréquences des bandes d'absorption trouvées sont (en cm^{-1})

400, 344, 316, 274, 248, 217.

Dans l'hypothèse d'une structure rotationnelle, on peut comparer les fréquences décelées pour CH^3CN et CH^3I avec celles calculées à partir de la formule classique $\nu = 10,2m$ (m étant un entier); on obtient le tableau suivant :

m	31.	30.	29.	28.	27.	26.	25.	24.	23.	22.	21.
ν (calc.)	316	306	296	285	275	265	256	245	235	225	214
CH^3CN, ν (obs.)	313	–	–	283	271	–	260	244	–	228	210
CH^3I, ν (obs.)	316	–	–	–	274	–	–	248	–	–	217

La concordance est assez satisfaisante, malgré la dispersion relativement faible de notre dispositif optique qui peut nous avoir fait manquer certaines bandes.

PHOSPHORESCENCE. — *Sur l'effet photoélectrique et la photoconductibilité des sulfures phosphorescents et des fluorines.* Note de M. **Emmanuel Voyatzakis**, présentée par M. Jean Perrin.

Les sulfures phosphorescents sont des substances semi-conductrices qui se présentent en petits grains. Les contacts électriques entre ces grains, comme entre les grains et les électrodes, sont défectueux, et c'est à ceci qu'est due en majeure partie la polarisation de l'effet de photoconductibilité et de l'effet photoélectrique extérieur. Une autre raison à invoquer est l'imperfection de la cristallisation, ces grains ne sauraient être considérés comme des cristaux uniques.

Les échanges électriques entre les grains et les électrodes sont très probablement les plus souvent conditionnés par des échanges d'ions électro-

lytiques mettant en jeu l'hygroscopicité de certains sels ou oxydes dont sont imprégnés ces sulfures.

Les expériences suivantes l'établissent d'une manière très nette.

Sulfure de calcium phosphorescent. — Ce composé est fort complexe. Il contient notamment une forte proportion de chaux, très hygroscopique.

J'ai repris des essais d'effet photoélectrique sur deux échantillons de provenance différente.

J'employais un appareil métallique portant une large fenêtre. Par l'emploi de charbon placé dans un tube à très large section et refroidi dans l'air liquide, on atteignait facilement un vide de l'ordre de 10^{-5} mm. Ce vide était maintenu pendant plusieurs heures en présence de P^2O^5.

Ce CaS était déposé en couche très mince sur une plaque de platine de quelques centimètres carrés de surface. Ce dépôt était obtenu à partir d'une suspension de CaS dans la benzine selon une technique connue ([1]). En face de cette plaque et à quelques millimètres, se trouvait un fil de platine de contour légèrement supérieur à celui de la plaque, le faisceau excitateur, fourni par un arc au Hg tombant sur la région centrale de la plaque. Ce fil était relié à l'électromètre tandis que la plaque était portée à la tension négative qui peut alors n'être que de quelques volts pour atteindre la saturation dans le vide.

Le platine donnant un effet photoélectrique pour les $\lambda < 2600$ Å, on recouvrait la fenêtre par une lame de verre corex dont la transparence s'annule brusquement un peu avant cette limite.

Voici les résultats obtenus avec un des échantillons de CaS, l'autre se comportant de manière analogue.

		Effet photoélectrique (divisions d'échelle par sec.).
CaS dans l'air	non desséché (press. atm.)	0,78
	sec (P^2O^5)	0,05
» dans le vide		nul

Ainsi donc, par une dessiccation très soignée, j'ai pu faire disparaître l'effet photoélectrique de ces CaS.

Sulfure de zinc phosphorescent. — Ce produit contient en particulier du chlorure de zinc provenant de l'addition fusible faite au moment de la préparation, sel très hygroscopique et qui ne s'élimine jamais complètement par lavage.

Le ZnS ne donne jamais d'effet photoélectrique, mais l'effet de photoconductibilité est très net. Le CaS donne les deux effets. Je pense que la

([1]) W. Hauser, *Dissertation*, Heidelberg 1913; H. Göthel, *Ann. der Phys.*, 5e série, 9, 1931, p. 865.

photoconductibilité de ZnS est due à des déplacements électroniques dans une bande de conductibilité ne concernant pas les niveaux communs les plus élevés du réseau.

J'ai fait des essais de photoconductibilité de plusieurs échantillons de ZnS, la poudre garnissant une rainure de 1^{mm} de largeur. Voici un exemple des résultats obtenus avec l'un de ces échantillons :

	Effet de photoconductibilité (divisions par sec.).
ZnS dans l'air, non desséché	16,9
ZnS dans l'air, sec	6,8
» dans le vide	3,4

Fluorines. — L'effet photoélectrique présenté par les fluorines naturelles ou synthétiques disparaît aussi complètement par dessiccation.

J'ai préparé les fluorines synthétiques, par fusion à 1400° dans le platine, de CaF^2 obtenu à partir de produits pour analyse, le luminogène étant ajouté au moment de la fusion. Il est à signaler que le CaF^2 fondu ainsi obtenu présenterait aussi un effet photoélectrique sans addition luminogène, sa luminescence par excitation par l'arc au mercure étant d'ailleurs très faible.

	Fluorine violette (Eu divalent ?).	Fluorine synthétique (Sm triv.).	Fluorure de calcium (sans addition).
Dans l'air, non desséché	8,3	9,1	6,3
Dans l'air, sec	0,08	0,09	1,33
» le vide	nul	nul	0,06

LUMINESCENCE. — *La luminescence de l'eau sous l'action des ultrasons.* Note (¹) de M. **Petre Paounoff**, présentée par M. Charles Fabry.

1. Je me suis proposé d'étudier plus en détail le phénomène de la luminescence de l'eau sous l'action des ultrasons (²).

La plaque piézoélectrique est plongée dans un bain de pétrole. A travers ce liquide on transmet de l'énergie ultrasonore à l'eau contenue dans un récipient séparé. Pour des essais prolongés, lors desquels le liquide peut

(¹) Séance du 26 juin 1939.

(²) H. Frensel und H. Schultes, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, (B), **27**, 1934, p. 421.

s'échauffer jusqu'au point d'ébullition, on emploie de l'eau courante pour le refroidir. La fréquence est de 400 kilo-cycles par seconde.

2. Avant tout, il fallait savoir si la luminescence de l'eau dépendait de la nature des gaz dissous. Pour cela j'employais un cylindre de verre, muni d'un robinet triple et rempli d'eau distillée. L'eau était saturée avec un des gaz H^2, N^2, CO^2, O^2, ou bien avec de l'air. On la soumettait à l'action de l'ultrason en pleine obscurité, les yeux s'étant reposés et accommodés. On constate que la lumière ne paraît dans l'eau que lorsqu'en elle il y a de l'oxygène ou bien de l'air absorbé.

3. On a pris des spectrogrammes de cette lumière, l'intensité de l'ultrason atteignant 900 baryes. Les essais duraient de 12 à 48 heures. Le spectre reçu est une large bande de 445 à 558 mμ. L'image du spectre sur la plaque photographique est plus intense vers la limite des ondes longues.

4. L'eau était saturée de H^2, O^2, N^2, ou bien de l'air. Après l'action de l'ultrason sur l'eau pendant 3 à 4 heures on a fait une série de mesures pour déterminer la quantité et la nature du gaz resté dans l'eau. Pour cela on prenait un échantillon de l'eau dans une ampoule de verre, préalablement bien vidée, et à l'aide d'un appareil d'analyse de gaz on a obtenu les résultats suivants :

Gaz................	Hydrogène.			Nitrogène.			Oxygène.			
Baryes............	540.	540.	540.	540.	540.	540.	540.	540.	140.	40.
Quantités trouvées (cm³ par litre)...	11,3	10,6	10,4	8,6	8,4	8,6	1,7	1,5	0,5	26,0
Quantité normale %.	61	59	57	50	48	49	5	5	2	80
Ozone............	–	–	–	–	–	–	10,5	10,3	9,9	1,3

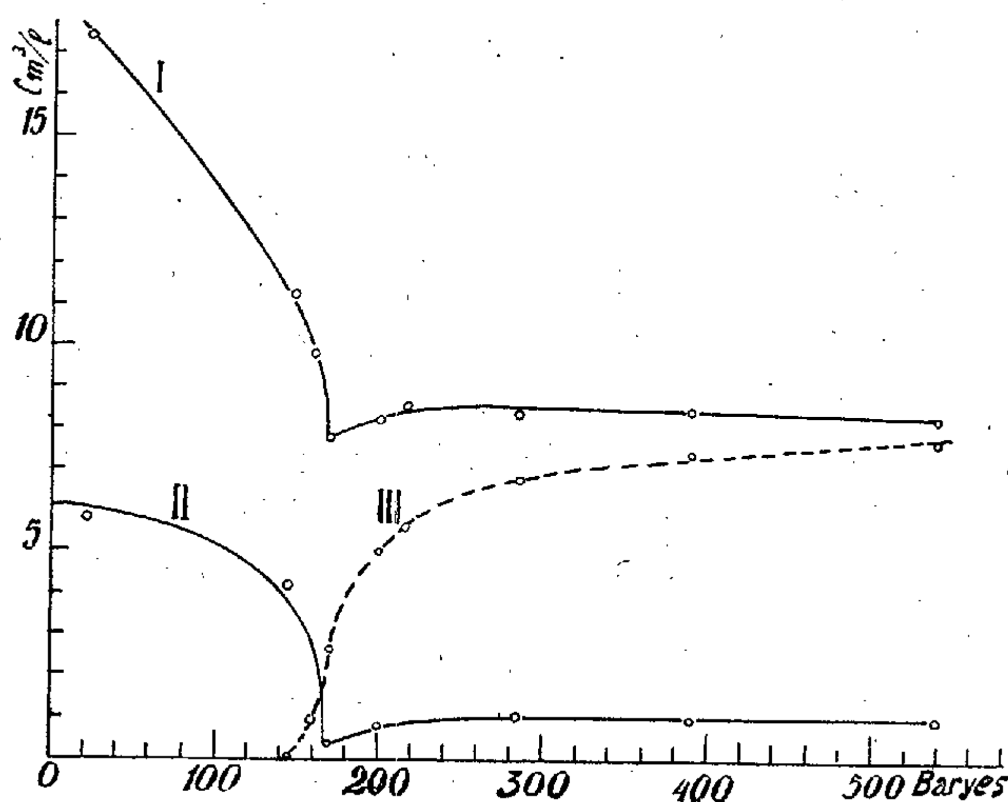
On voit que les résultats trouvés avec de l'oxygène sont tout à fait différents de ceux obtenus avec H^2 et N^2. En faisant varier l'intensité de l'ultrason on constate que la quantité d'oxygène devient très petite et atteint son minimum vers 140 baryes d'intensité de l'ultrason. Une certaine quantité des gaz absorbés est liquifiée à l'aide de l'air liquide; après son évaporation l'analyse montre que c'est de l'ozone.

Les résultats obtenus avec de l'eau contenant de l'air dissous sont donnés ci-dessous.

Intensité de l'ultrason.	22.	145.	160.	170.	200.	215.	285.	390.	540.
Azote........	11,7	7,1	8,8	7,4	7,4	7,7	7,4	7,5	7,3
Oxygène.....	5,8	4,2	1,0	0,4	0,8	0,8	1,0	0,9	1,0
Total......	17,5	11,3	9,8	7,8	8,2	8,5	8,4	8,4	8,3

L'oxygène présente la même exception que dans les mesures avec les gaz purs.

5. Durant les essais avec de l'air on a exposé pendant 10 minutes une plaque photographique à la luminescence de l'eau. On a déterminé de cette façon l'intensité de la lumière correspondant aux différentes intensités de l'ultrason. La courbe trouvée montre que la lumière intense apparaît



I. Oxygène et azote. — II. Oxygène. — III. Luminescence (en valeurs relatives).

lorsque la quantité d'oxygène dans l'eau atteint son minimum et son intensité croît après cela avec celle de l'ultrason. Ce fait correspond à l'augmentation de l'ozone dans l'eau.

Les photographies de l'eau soumise à l'action de l'ultrason montrent que la lumière est plus intense aux plans nodaux des ondes stationnaires. D'autres mesures photométriques ont permis de déterminer le flux lumineux émis qui est de l'ordre de 0,025 lumen à 400 baryes d'intensité de l'ultrason.

6. La conclusion de ces recherches est que la luminescence de l'eau sous l'action de l'ultrason est due à la présence de l'oxygène dissous. Le spectre reçu comparé au spectre de l'ozone lors de sa décomposition qui est une bande de 460 à 560 mμ et l'existence de ce gaz dans l'eau montrent que la lumière provient de la décomposition de l'ozone sous l'action de l'ultrason.

Dans les conditions de l'expérience la quantité des gaz H^2 et N^2 qui reste dans l'eau après l'action continuelle de l'ultrason est environ la moitié de la quantité absorbée normalement. L'explication probable de ce

phénomène est la suivante : sous l'action de l'ultrason l'eau est entièrement dégazée aux plans ventraux des ondes stationnaires, tandis qu'aux nœuds la quantité de gaz ne change pas.

ÉLECTROLUMINESCENCE. — *Luminescence dans les champs électriques et phénomènes électroniques dans les semi-conducteurs.* Note de M. **Georges Destriau**, présentée par M. Jean Perrin.

Suivant le schéma de Wilson du réseau électronique d'un cristal, lorsqu'un semi-conducteur est soumis à l'action d'un champ électrique intense, les électrons qui par suite de l'agitation thermique effectuent dans la direction du champ un libre parcours suffisamment grand, acquièrent l'énergie suffisante pour franchir l'intervalle interdit et venir se loger dans la première bande permise normalement vide du réseau, ou même être projetés totalement hors du cristal. D'où les phénomènes d'accroissement de conductibilité et de luminescence dans les champs intenses, ainsi que l'émission froide d'électrons.

Étant donnée l'origine commune de ces trois phénomènes, on doit s'attendre à ce que leurs intensités soient exprimées en fonction du champ excitateur par des relations analogues. J'ai cependant indiqué ([1]) comme loi approchée de l'électrophotoluminescence reliant l'éclat $\mathcal{E}$ au champ excitateur H la relation

$$\mathcal{E} = \mathrm{A}e^{-\frac{\mathrm{B}}{\mathrm{H}}}.$$

En fait, dans l'excitation de la luminescence par les champs intenses le logarithme de l'éclat $\mathcal{E}$ n'est qu'approximativement une fonction linéaire de l'inverse du champ H, la courbe représentative est légèrement concave vers le haut, on doit donc admettre une forme de variation plus précise

$$\mathcal{E} = \mathrm{AH}^n e^{-\frac{\mathrm{B}}{\mathrm{H}}}.$$

Les résultats expérimentaux répétés sur une grande étendue de variation du champ H fournissent en moyenne $n = 2$; on retrouve donc pour l'électrophotoluminescence exactement la même relation que pour l'accrois-

([1]) G. Destriau, *Journ. Chim. Phys.*, 34, 1937, p. 117, 327 et 462; *Soc. franç. Chim. Phys.*, 1938; *Soc. Sci. Phys. et Nat. de Bordeaux*, 1937; *Trans. of the Far. Sty*, 35, 1939, p. 227; *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 891.

sement de conductibilité dans les champs intenses et l'émission froide d'électrons.

L'étude de l'action de la température sur l'émission de lumière dans les champs intenses vient confirmer les vues précédentes. Sous l'action de la seule agitation thermique un nombre restreint d'électrons se trouve en équilibre statistique dans la première bande permise normalement vide du réseau électronique, d'où possibilité d'une semi-conductibilité propre du réseau. En élevant la température, le nombre de ces électrons croît et la conductibilité du semi-conducteur s'accroît suivant une loi de la forme

$$c = AT^n e^{-\frac{B}{T}} \quad (n < 0;\ T,\ \text{température absolue}).$$

Pareillement j'ai pu vérifier qu'à champ maximum constant (excitation par champ sinusoïdal de fréquence 50 périodes) l'émission d'électrophotoluminescence s'accroissait avec la température suivant une relation identique. Les courbes donnant les variations de $\log \mathcal{E}$ en fonction de l'inverse de la température étant sensiblement rectilignes mais présentant une légère concavité vers le bas. On a donc bien

$$\mathcal{E} = AT^n e^{-\frac{B}{T}} \quad (n < 0).$$

L'identité des relations obtenues confirme bien l'origine commune de ces divers phénomènes, ainsi les considérations théoriques établies notamment dans le cas des variations de conductibilité peuvent être transposées intégralement en électrophotoluminescence.

A noter que j'ai pu répéter les expériences d'excitation de luminescence par les champs électriques variables en opérant dans le vide, en dehors cette fois de tout liquide isolant et sous des tensions élevées de 50 000 à 100 000 volts rendues ici nécessaires par la plus grande distance des électrodes (5 à 10^{mm}) et la valeur élevée de la constante diélectrique du SZn par rapport à celle du vide.

PHOTOGRAPHIE. — *Sur la répartition spectrale de la lumière diffusée par l'image photographique dans l'ultraviolet.* Note de M. Casimir Jausseran, présentée par M. Charles Fabry.

Je me suis proposé d'étudier la répartition spectrale de la lumière diffusée par une image photographique développée, pour plusieurs valeurs de l'angle de diffusion. Cette image est éclairée uniformément sur quelques

millimètres carrés, à l'aide d'un ensemble de deux lentilles achromatiques quartz-fluorine, qui y concentre, en incidence normale, la lumière d'un tube à hydrogène. Elle est placée sur l'axe vertical de rotation d'un bras métallique rigide portant un spectrographe en quartz. Le réglage consiste à disposer la plage et le spectrographe de manière que l'axe optique du collimateur passe toujours, au cours de la rotation, par le centre de la surface éclairée. Pour chaque orientation du spectrographe on photographie, avec une pose de durée constante, le spectre de la lumière diffusée; les plaques, graduées en éclairement à l'aide d'écrans platinés en quartz, sont, après développement, étudiées au microphotomètre enregistreur.

Le montage est réalisé de telle sorte que c'est toujours après traversée de la plage étudiée que se produit la diaphragmation du faisceau. Les clichés permettent donc de comparer, pour chaque longueur d'onde, les flux lumineux, incident et diffusé, recueillis dans un même angle solide. Comme, seul, le second de ces flux dépend de l'ouverture du faisceau incident, leur rapport n'est connu qu'à un facteur près, qui reste constant.

Les résultats sont à peu près indépendants des conditions d'obtention des plages étudiées. Pour une même plage, les spectres de diffusion diffèrent nettement selon que l'angle θ de la direction d'observation avec la direction de transmission régulière (angle de diffusion) est aigu ou obtus.

Pour un angle de diffusion aigu, la proportion de lumière diffusée est maximum dans une région spectrale voisine de celle de la bande de transparence de l'argent; mais la longueur d'onde λ_M de ce maximum dépend de l'angle de diffusion et augmente avec lui, comme le montre le tableau ci-dessous relatif à une des plages étudiées.

θ...........	0°.	10°.	20°.	30°.	40°.
λ_M..........	3160	3175	3200	3210	3220

Pour un angle de diffusion obtus, le maximum précédent n'existe pas : la proportion de lumière diffusée, d'abord presque constante dans le visible, décroît ensuite très rapidement vers 3200 Å, puis reste à peu près constante pour les longueurs d'onde plus courtes.

La comparaison de la lumière diffusée, non pas à la lumière incidente, mais à la lumière recueillie dans la direction de transmission régulière, permet d'interpréter ces résultats. Les courbes, qui représentent, en fonction de la longueur d'onde, le rapport du flux diffusé au flux transmis dans le même angle solide, présentent *toutes* un *minimum* vers 3160 Å même

pour les angles de diffusion obtus. Leur forme, très analogue à celle de la courbe de pouvoir réflecteur de l'argent, permet, quel que soit l'angle de diffusion, de considérer la lumière diffusée comme étant de la lumière transmise dont la composition spectrale a été altérée par la réflexion sur les grains d'argent.

Le déplacement de la longueur d'onde du maximum de lumière en fonction de l'angle de diffusion (voir tableau) peut donc être attribué à l'influence des multiples réflexions subies par un rayon lumineux au cours de sa traversée de l'image photographique. Le phénomène est d'ailleurs certainement compliqué par la petitesse des grains, qui entraîne de la diffraction, mais l'effet de réflexion reste, sans aucun doute, le plus important.

On peut déduire de ce cas particulier une conclusion générale : l'étude de la lumière diffusée par un corps solide ne conduit pas, dans tous les cas, à la connaissance de la position des accidents de la courbe d'absorption de ce corps, et l'analyse spectrale par diffusion ne saurait constituer une méthode parfaitement sûre.

ATOMISTIQUE. — *Spectres de l'émission propre ondulatoire du radon et de ses dérivés. Raies attribuables à l'élément* 85. Note de M. **Horia Hulubei** et Mlle **Yvette Cauchois**, présentée par M. Jean Perrin.

Dès 1934 nous avons publié (1) une Note préliminaire sur une nouvelle technique dans la spectrographie cristalline des rayons γ. Nous décrivions un appareil qui appliquait les propriétés de focalisation des réseaux cristallins courbés, utilisés par transmission, et les résultats très encourageants de son emploi pour l'analyse du rayonnement ondulatoire émis par le radon et ses dérivés dans une région spectrale comprenant leurs émissions K. Ayant pu disposer de nouveau d'un peu de Rn, nous avons abordé un autre domaine spectral, compris entre 700 et 1200 u.x., où se placent les raies L caractéristiques de ses dérivés connus. La spectrographie cristalline des rayons γ n'a fait l'objet que d'un très petit nombre de travaux; mais spécialement dans le domaine cité nous ne connaissons que la tentative de Rutherford et Andrade en 1914, dont Rutherford lui-même retoucha de son mieux les résultats fort imprécis (2).

(1) H. Hulubei et Y. Cauchois, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 857.

(2) Rutherford, Chadwick, Ellis, *Radiations from radioactive substances*, 1930.

Nous utilisons ici l'un de nos spectrographes pour rayons X, à cristaux courbés sous 40^{cm} de rayon, que nous avons muni des diaphragmes en plomb épais nécessaires pour protéger la plaque photographique contre les rayonnements parasites. La disposition de la source et de ses protections de plomb est analogue à celle décrite ([1]). Un champ électrique arrête autant que possible les électrons émis par la source ou son voisinage. Un tube à rayons X peut se substituer à la source; il permet le contrôle des réglages; il sert aussi pour enregistrer, sur une petite hauteur des clichés, des raies X de référence parmi lesquelles les émissions L du polonium ([3]), du bismuth ou du plomb. Ainsi nous pouvons, soit reconnaître sans ambiguïté dans l'émission propre les raies qui sont caractéristiques d'éléments 84, 83 ou 82; soit faire une mesure du spectre avec la même précision que celle à laquelle nous atteignons pour des raies X ordinaires d'intensités et largeurs comparables.

Voici nos premiers résultats :

1° Comme nous le pensions, on obtient avec ce montage des raies d'émission propre beaucoup plus fines que celles données par les spectrographes à cristaux plans où le manque de luminosité oblige à employer des fentes larges, donc à sacrifier le pouvoir de résolution, qui ne dépend ici que de la qualité du cristal courbé.

La luminosité du montage dans le cas d'expérience [réflexion (201) du mica donnant un pouvoir séparateur meilleur que 0,5 u.x.; surface utile du cristal seulement quelques millimètres carrés] permet d'enregistrer en quelques heures les émissions propres les plus fortes d'une source d'environ 100 m.c. de Rn. Des poses plus longues révèlent une grande richesse de raies. Et pourtant, comme nous l'avons contrôlé d'autre part, la paroi de verre de l'ampoule de Rn absorbe fortement le rayonnement à analyser, affaiblissant beaucoup sa proportion par rapport aux rayons durs gênants.

2° *Émissions caractéristiques observées.* — On identifie de suite, même sur poses courtes, *l'émission L d'un élément* 83 qui est prépondérante. Nous avons mesuré ou décelé $83\,L\alpha_1\,\beta_1\,\beta_2\,\gamma_1$, $\alpha_2\,\eta\,\beta_3\,\beta_4\,\beta_5\,\beta_6\,(\beta_7 + \beta'_7)\,\gamma_2\,\gamma_3\,\gamma_4\,\gamma_5\,\gamma_6$, donc, à l'exclusion de l qui ne se situe pas dans la région explorée, le spectre ordinaire complet du 83.

L'émission L de l'élément 84, reconnaissable, est beaucoup plus faible.

L'émission L de l'élément 82 est encore plus faible. Elle peut d'ailleurs être due partiellement aux parois de plomb se trouvant entre la source et

(3) H. Hulubei, Y. Cauchois et S. Cotelle, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 1204.

le cristal; toutefois celles-ci étaient pour la plupart recouvertes d'aluminium.

L'émission L du 84 apparaît ici, relativement à celle du 83, avec une intensité beaucoup plus faible que celle à laquelle nous nous attendions d'après les résultats connus des spectres de rayons β ou γ. Il en est de même pour 82 L; mais d'éventuelles émissions parasites du plomb en proportions différentes dans notre travail et dans d'autres interdisent dans ce cas toute comparaison.

3° Outre ces trois familles de raies caractéristiques, d'autres apparaissent dont nous poursuivons l'analyse. Il semble bien qu'au moins certaines d'entre elles soient dues à des émissions nucléaires. Toute comparaison est impossible avec les nombres de Rutherford trop imprécis même pour les raies très fortes du 83. Nous tentons des recoupements avec les spectres corpusculaires; mais les données en sont peu précises et ne s'étendent pas directement à ce domaine d'énergie.

Parmi ces raies observées, nous ne parlerons aujourd'hui que de deux groupes particuliers.

Tout d'abord les doublets $\alpha_1 \alpha_2$, $\beta_1 \beta_2$ et la raie γ_1 du 83 sont accompagnés sur nos clichés de raies relativement fines et intenses, dont les plus fortes à $1139{,}_7$; $1137{,}5$; $947{,}8$ et $808{,}_1$. Leurs positions dans le spectre 83 L suggèrent une analogie avec les satellites bien connus de $\alpha_1 \beta_2$ et γ_1 du bismuth et leur interprétation possible par l'émission d'atomes multiplement ionisés à la suite de la conversion interne des rayons γ. Toutefois l'aspect général de ces *satellites* diffère nettement de celui des satellites du Bi excité cathodiquement qui sont relativement beaucoup moins intenses et définis, ce qui indique que les états et mécanismes quantiques en jeu ne doivent pas être identiques. Ces émissions et peut-être d'autres, encore incomprises, font aussi penser à l'émission d'atomes en cours de transformation ou dans lesquels le réarrangement des couches électroniques ne serait pas terminé.

D'autre part, nous citerons la raie $1082{,}_6$ u.x. (beaucoup plus nette sur nos clichés que 84 L α_1) en coïncidence, à la précision de cette mesure, avec ce que l'on doit attendre pour Lα_1 d'un élément 85 $\left(1082{,}_{66}\right.$ u.x. d'après Bi et Po; $1083{,}_{46}$ d'après Bi et Ra$\left.\right)$. La recherche d'une éventuelle émission β_1 correspondante montre une raie très faible vers 892 u.x. (prévisions Bi Po $891{,}_5$; Bi Ra $890{,}_9$). Or déjà en 1934, puis en 1935 sur

des spectres pris avec un quartz de 3^{mm} d'épaisseur courbé sur 150^{cm}, nous avions remarqué dans la région d'émission K une raie à 151 u.x. alors que l'on doit attendre 85 $K\alpha_1$ vers 151,6 (interpolation Bi, Th).

Ces coïncidences font penser que *l'élément* 85 *est peut-être présent parmi les produits de désintégration du radon.*

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la mutarotation du xylose.* Note de M[lle] **Marcelle Murgier** et M. **Eugène Darmois**, présentée par M. Aimé Cotton.

A cause de sa rareté, le xylose a été moins étudié que le glucose. En particulier les renseignements que donne la littérature sur sa mutarotation dans l'eau sont assez variables suivant les auteurs. Ayant eu à notre disposition une certaine quantité de xylose, nous l'avons purifié. Par décoloration sur le noir animal et cristallisations successives, on obtient un produit constant.

La mutarotation a été étudiée à 20° et pour la raie verte du mercure. Nous avons opéré dans l'eau pure et dans diverses solutions tampons, dont les constituants n'ont aucune action chimique sur le xylose; les borates par exemple ont été exclus. La mutarotation met en évidence la transformation $\alpha \rightleftharpoons \beta$. Dans chacune des solutions, la mutarotation suit une loi logarithmique, $\log(\alpha_t - \alpha_\infty)$ est une fonction linéaire du temps. Nous mesurons la vitesse de réaction par la pente K de la droite correspondante et plus exactement par la variation du log pendant les 10 premières minutes.

Les pH des mélanges tampons sont mesurés à l'électrode à la quinhydrone; ils restent constants pendant toute la mutarotation; K varie avec le pH. Le tableau suivant donne les variations pour des mélanges constitués par du phtalate acide de K, auquel on ajoute, soit de l'acide phtalique, soit de la soude. L'anion phtalique a une concentration constante (5/100 M), le xylose a la concentration de 10^g par litre.

pH.............	2,9	3,9	4,6	6	7,1
K..............	0,33	0,29	0,31	0,46	0,66

La courbe de K en fonction du pH a une forme qui rappelle celle du glucose. En faisant varier la concentration de l'anion phtalique de 0,1 à 0,01 M, on obtient des courbes de même allure, mais dont la courbure diminue au fur et à mesure que la concentration de l'anion décroît. En même temps, la valeur du minimum de K tend vers la valeur dans l'eau

pure : 0,22. On retrouve ainsi pour le xylose des faits analogues à ceux étudiés par Brönsted et ses élèves : les ions négatifs des acides faibles catalysent la mutarotation.

Nous avons opéré avec d'autres mélanges. Les chiffres qui suivent se rapportent aux mélanges acide acétique-acétate de Na; les concentrations d'acide et d'acétate sont rigoureusement égales; la concentration totale en ion $C^2H^3O^{2-}$ varie; on vérifie que le pH reste constant et égal à 4,6.

$[C^2H^3O^{2-}]$	0,02	0,05	0,1	0,2
K	0,24	0,27	0,32	0,41

K varie donc fortement avec la concentration; la variation est linéaire. Des résultats analogues ont été obtenus avec les mélanges phtaliques et phosphoriques. L'action des divers anions est spécifique, comme pour le glucose, mais le xylose donne des variations plus grandes. L'action catalytique de PO^4H^{2-} est plus énergique que celle de l'anion phtalique, lui-même plus actif que l'anion acétique.

Nous avons également opéré avec des acides forts, ClH, ClO^4H, $C^6H^5SO^3H$. A pH sensiblement égal, l'action catalytique de l'acide benzènesulfonique est plus faible que celle de l'acide perchlorique, mais plus grande que celle de ClH comme le montre le tableau.

	ClO^4H.	$C^6H^5SO^3H$.	ClH.
pH croît de	1,08 à 2	1,14 à 1,4	1,2 à 1,8
K décroît de	0,74 à 0,28	0,67 à 0,51	0,47 à 0,29

CHIMIE PHYSIQUE. — *Suite de l'étude spectrophotométrique de l'hydrolyse des sels ferriques*. Note (¹) de MM. **Joseph Cathala** et **Jean Cluzel**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons exposé (²) les résultats obtenus par la méthode spectrophotométrique dans l'étude du vieillissement des solutions de sels ferriques, de concentrations en Fe^{+++} et H^+ variées. Nous voudrions essayer de dégager quelques conclusions de la comparaison de nos résultats expérimentaux.

Il y a lieu de remarquer tout d'abord que, pour un pH déterminé,

(¹) Séance du 19 juin 1939.

(²) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 781; 208, 1939, p. 186.

l'allure du vieillissement est commandée par la concentration en ions Fe^{+++} de la solution, si bien que, par une simple translation des courbes citées dans la Note précédente, il est possible de rassembler les diverses allures de vieillissement observées (*fig.* 1). La translation imprimée à chacune de

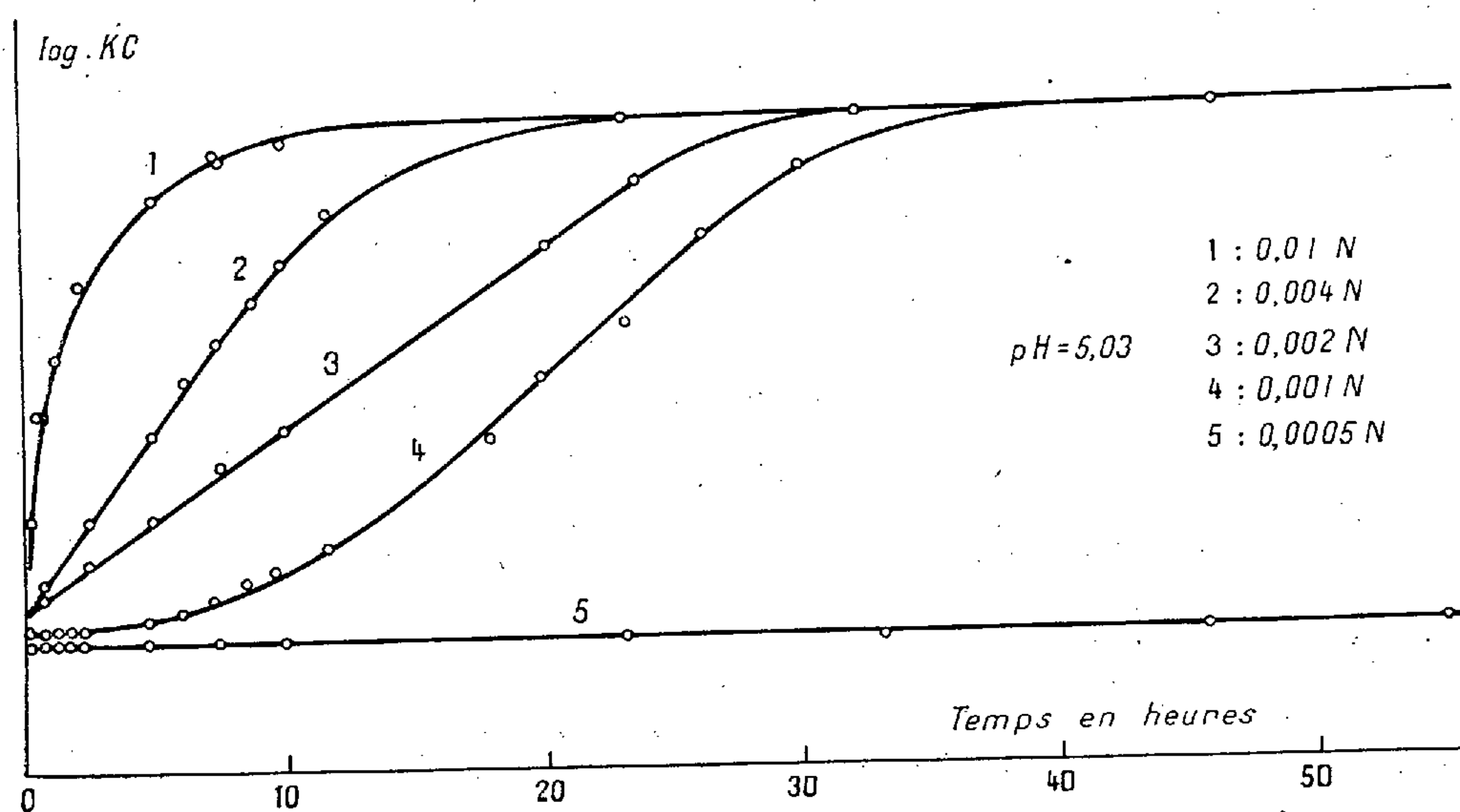


Fig. 1.

nos courbes expérimentales est de log 2 pour les n°s 2, 3, 4, 5 et log 2,5 pour la courbe 1. Ce décalage correspond rigoureusement au rapport de concentrations totales en ions Fe^{+++}. (Cela permet d'affirmer de plus que nos solutions absorbantes obéissent rigoureusement à la loi de Beer.)

Pour tous les milieux plus acides qu'un certain pH (que nous appelons *seuil de vieillissement*), l'absorption garde sa valeur initiale et est indépendante du temps. Le pH correspondant au seuil de vieillissement est d'autant plus élevé que la concentration en Fe^{+++} est plus faible. Nos déterminations ne prétendent pas en fixer rigoureusement la valeur : dans le domaine des concentrations étudiées (solutions 0,01 N à 0,0005 N) le seuil reste compris entre pH = 4,70 et pH = 5,03.

Pour les milieux dont le pH dépasse le seuil de vieillissement, l'absorption de la solution varie avec le temps pour atteindre plus ou moins rapidement, suivant le pH, une valeur constante indépendante du pH. Cette valeur constante est atteinte avant l'apparition de tout trouble discernable à l'œil.

Le vieillissement semble présenter une période d'induction pour les pH voisins du seuil, tandis qu'aux pH plus élevés l'allure est nettement exponentielle. On passe progressivement d'une allure à l'autre par un domaine où le vieillissement varie linéairement avec le temps.

Il est certainement prématuré de chercher l'expression quantitative de l'absorption en fonction du temps. Mais il est remarquable que, *pour les* pH *où l'absorption ne dépend pas du temps*, nos courbes établissent une *relation linéaire rigoureuse entre la concentration* de l'absorbant (de nature chimique encore inconnue) et la *concentration totale en fer de la solution*. La droite 1 (*fig.* 2) représente les diverses valeurs de l'absorption pour les

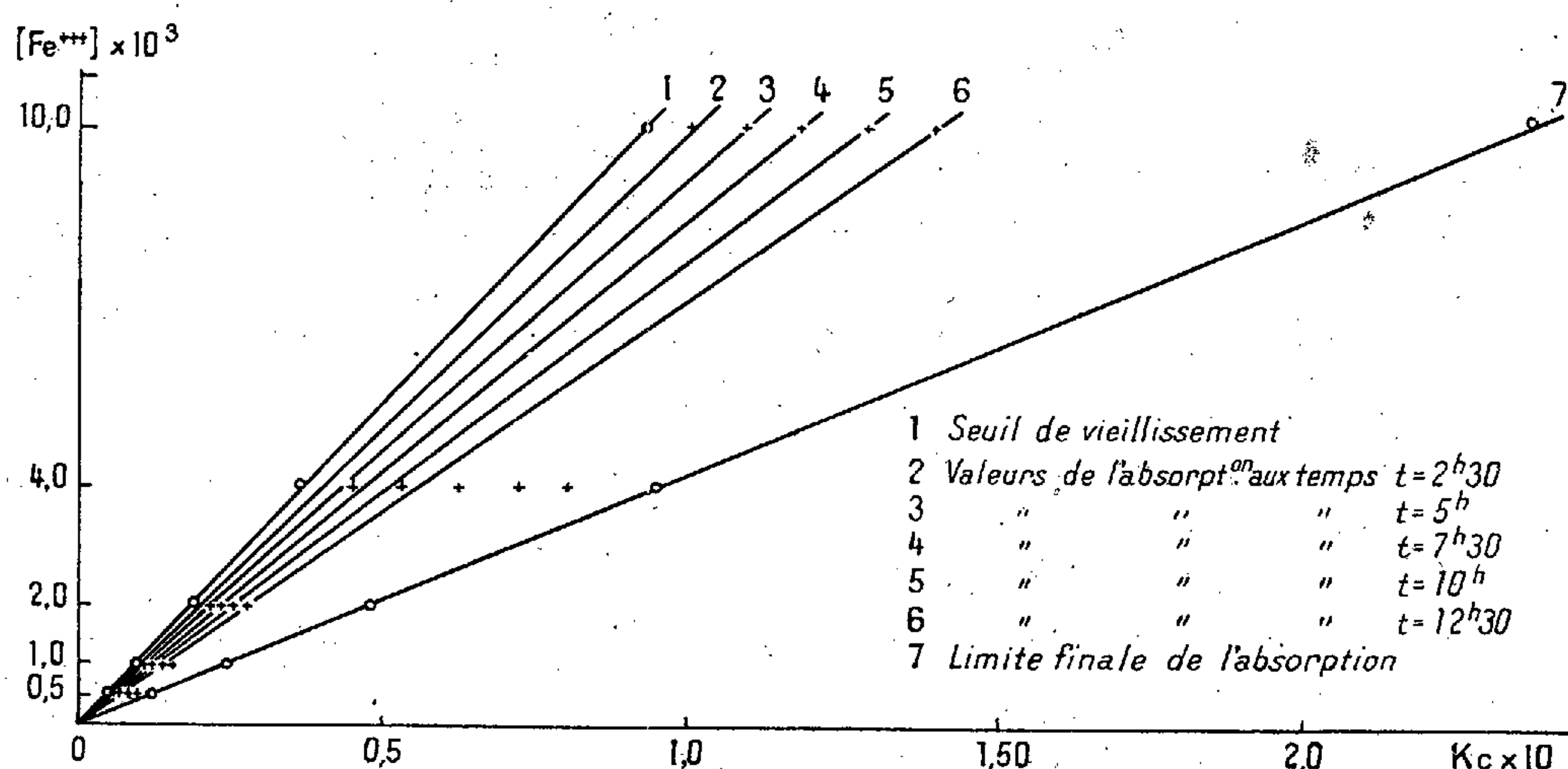


Fig. 2.

solutions placées au seuil du vieillissement. La droite 7 à pente différente représente l'absorption pour les mêmes solutions lorsqu'elle est devenue constante après vieillissement.

Pour certaines valeurs de pH, correspondant aux allures de vieillissement proportionnel au temps, et dépendant par suite de la concentration de la solution, on passe de la droite 1 à la droite 7 par des courbes isochrones, qui sont également des droites. Seule la solution 0,004 N semble présenter des écarts, qui tiennent certainement aux valeurs du pH arbitrairement choisi des courbes 6 (pH 5,03) et 7 (pH 4,90).

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur l'oxydation sulfochromique ménagée des composés organiques à fonctions oxygénées.* Note de MM. **Michel Polonovski** et **Alexandre Lindenberg**, présentée par M. Maurice Javillier.

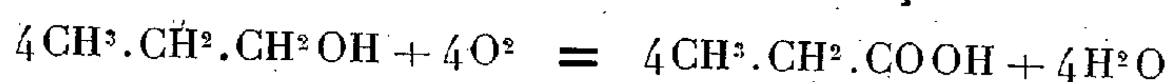
L'un de nous a montré en 1924 que l'oxydation des acides propionique, butyrique et valérianique, à 100°, par un mélange sulfochromique à 50 % d'acide sulfurique conduit rapidement à l'acide acétique, seul monoacide aliphatique inattaqué dans ces conditions. Mais, en opérant cette oxydation avec un mélange sulfochromique beaucoup moins concentré en acide sulfurique, et à température assez basse, en utilisant par exemple une solution au cinquantième normale de bichromate de potassium dans l'acide sulfurique à 20 %, on n'observe aucune attaque de ces différents acides. Ce mélange est cependant suffisant pour obtenir la transformation intégrale des alcools ou des aldéhydes en acides. On aurait pu croire, dans ces conditions, qu'il suffisait d'utiliser ces concentrations en $Cr^2O^7K^2$ et en SO^4H^2 pour amener quantitativement soit les alcools propylique, butylique et amylique, soit les aldéhydes correspondants au stade final d'acides propionique, butyrique et valérianique par consommation de deux atomes ou d'un atome d'oxygène respectivement.

Mais, en titrant avec soin l'excédent de bichromate non réduit, une fois l'oxydation de la fonction oxygénée terminée, selon la technique habituelle (M. Nicloux), nous avons toujours trouvé, quel que soit l'alcool ou l'aldéhyde aliphatique soumis à l'oxydation, une consommation en oxygène supérieure à celle qu'exige la seule transformation d'une fonction alcool primaire ou aldéhyde en un carboxyle.

Substance oxydée (solutions au millième).	Nombre d'atomes d'oxygène utilisé par la molécule entière.	la chaîne hydrocarbonée seule.	Rapport R.
$CH^3.CH^2.CH^2.OH$	2,6	0,6	0,20
$CH^3.CH^2.CHO$	1,5	0,5	0,166
$CH^3.CH^2.CH^2.CH^2.OH$	2,85	0,85	0,143
$(CH^3)^2CH.CH^2.OH$	2,8	0,8	0,40
$(CH^3)^2CH.CHO$	1,8	0,8	0,40
$(CH^3)^2CH.CH^2.CH^2OH$	2,8	0,8	0,166

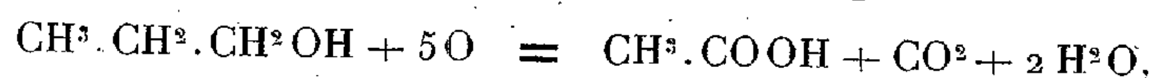
Nous sommes donc obligés d'admettre ici une attaque concomitante de

la chaîne hydrocarbonée, dans des conditions où elle n'a pas lieu lorsqu'on part des acides eux-mêmes. Ainsi, lorsqu'on arrive par oxydation de l'alcool (ou de l'aldéhyde) au carboxyle avant qu'une attaque d'un chaînon carboné intermédiaire se soit produite, la molécule ne s'oxyde plus au delà. Si au contraire l'oxydation a porté primitivement ou simultanément sur un de ces chaînons, elle se poursuivra jusqu'au stade d'acide acétique [1]. Nous avons appelé R le rapport entre le nombre de molécules qui subissent cette oxydation multiple et le nombre de molécules uniquement transformées en acide correspondant. Soit, par exemple, le cas du propanol-1. Tout se passe, d'après les chiffres du tableau ci-dessus, comme si 4 molécules d'alcool étaient oxydées en propanoïque suivant l'équation



$$4CH^3.CH^2.CH^2OH + 4O^2 = 4CH^3.CH^2.COOH + 4H^2O$$

et une autre amenée jusqu'au stade d'acide acétique :



$$CH^3.CH^2.CH^2OH + 5O = CH^3.COOH + CO^2 + 2H^2O,$$

soit une consommation totale de treize atomes d'oxygène pour cinq molécules de propanol ou 2,6 par molécule et un rapport R égal à 1/5e ou 0,20.

La constance de ce rapport pour chaque alcool dans les conditions expérimentales déterminées permet d'établir toute une série de dosages chromométriques précis de ces composés. Dans le cas des alcools isobutylique et isoamylique, l'oxydation de la chaîne hydrocarbonée engendre de l'acétone que nous avons dosée également, contrôlant ainsi très exactement l'interprétation que nous donnons ici de la consommation anormale en bichromate au cours du dosage de ces composés oxygénés.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un phosphidure de calcium ammoniacal* $(PH^2)^2Ca.6NH^3$. Note de M. **Claude Legoux**, présentée par M. Paul Lebeau.

Joannis [1] a préparé des phosphidures de sodium PH^2Na et de potassium PH^2K, par action de l'hydrogène phosphoré gazeux sur des solutions de sodium et de potassium dans l'ammoniac liquide. Le même procédé nous a conduit à isoler un phosphidure de lithium ammoniacal

(1) Dans certains cas, une fraction très petite se retrouve sous forme d'acétone.

(1) *Comptes rendus*, 119, 1894, p. 558; *Ann. Chim. Phys.*, 8e série, 7, 1906, p. 105.

$PH^2Li.4NH^3$ [2]. Nous avons pu appliquer une réaction analogue dans le cas du calcium. Le métal utilisé titre 98,9 % de calcium. Nous y avons décelé des traces de chlorures d'aluminium et de silicium.

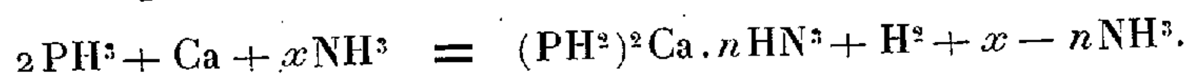
On fait barboter un volume connu d'hydrogène phosphoré dans une solution de calcium dans un grand excès d'ammoniac liquide maintenu à —70°. On observe la formation d'un précipité blanc et l'apparition d'hydrogène dans les gaz dégagés.

Lorsque la réaction est terminée, il reste un précipité blanc microcristallin surmonté d'ammoniac liquide légèrement jaune. On laisse alors la température remonter lentement jusqu'à 0°. Tous les gaz dégagés sont analysés. On termine en tirant les gaz à la trompe, jusqu'à établissement d'une tension fixe de dissociation en ammoniac correspondant à un début de décomposition du produit formé.

Dans ces conditions, on constate qu'un atome de calcium retient 2^{mol} d'hydrogène phosphoré, et qu'il s'est dégagé 1^{mol} d'hydrogène :

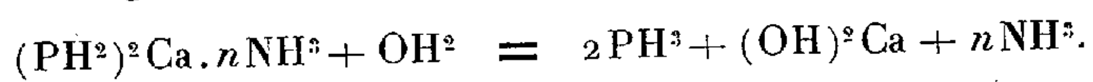
		Expériences.				
	Théorie.	1.	2.	3.	4.	5.
Molécules H^2 dégagées...	1	1,03	1,00	1,03	1,01	1,04
» PH^3 fixées.....	2	1,92	2,03	2,05	1,98	2,00

Ces résultats peuvent être interprétés par l'équation



$$2PH^3 + Ca + xNH^3 = (PH^2)^2Ca.nHN^3 + H^2 + x - nNH^3.$$

Ce phosphidure, contrairement aux composés correspondants du potassium, du sodium et du lithium, est extrêmement peu soluble dans l'ammoniac liquide. Il est spontanément inflammable à l'air. Attaqué dans le vide avec précaution par de l'eau privée d'air ou par de l'acide chlorhydrique dilué, il dégage intégralement 2^{mol} d'hydrogène phosphoré PH^3, non spontanément inflammable :



$$(PH^2)^2Ca.nNH^3 + OH^2 = 2PH^3 + (OH)^2Ca + nNH^3.$$

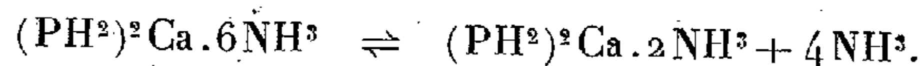
Il possède une tension de dissociation en ammoniac correspondant à 46^{mm} de mercure à 0°. Si l'on tire les gaz à la trompe, on recueille, sous cette tension fixe, un volume de gaz ammoniac pur correspondant à 4^{mol}. Il reste à ce moment dans l'appareil une poudre amorphe blanche, ayant une tension inappréciable. Cette poudre, spontanément inflammable,

(2) LEGOUX, *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 634.

attaquée dans le vide avec précaution par un excès d'acide chlorhydrique dilué, libère 2^{mol} d'hydrogène phosphoré, avec formation de chlorure de calcium et de chlorure d'ammonium. On dose celui-ci par déplacement de l'ammoniac dans un appareil Delattre. Nous avons ainsi trouvé que la quantité d'ammoniac fixée dans le composé correspondrait à 2^{mol} par atome de calcium :

		Expérience		
	Théorie.	1.	2.	3.
Molécules NH^3 dégagées sous tension fixe......	4	3,95	3,92	3,98
» » dosées après attaque par ClH...	2	1,93	1,92	1,99

Le nombre total de molécules d'ammoniac fixées est donc de 6 pour le premier composé, et de 2 pour le second. Ces 2 corps sont liés par l'équilibre

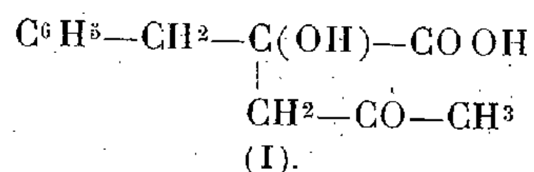


$$(PH^2)^2Ca.6NH^3 \rightleftharpoons (PH^2)^2Ca.2NH^3 + 4NH^3.$$

Le deuxième, qui n'a pas de tension appréciable à la température ordinaire, se décompose à partir de 45° avec dégagement simultané d'ammoniac et d'hydrogène phosphoré.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'acide acétone-phénylpyruvique et son produit de déshydratation.* Note de M. **Paul Cordier**, présentée par M. Auguste Béhal.

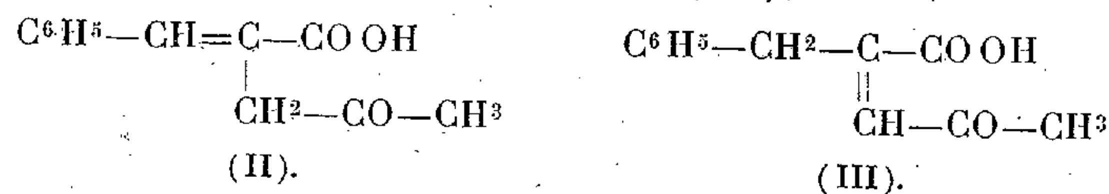
Nous avons montré ([1]) que l'acide phénylpyruvique est susceptible de se condenser en milieu alcalin avec l'acétone pour donner un composé de cétolisation de structure (I) (F. 105°)



$C^6H^5—CH^2—C(OH)—COOH$
$\quad\quad\quad\quad |$
$\quad\quad\quad CH^2—CO—CH^3$

(I).

Ce corps est facilement déshydraté en milieu acétique par l'acide chlorhydrique pour donner un acide cétonique éthylénique (F. 94°) dont la structure peut répondre au schéma (II) ou (III),

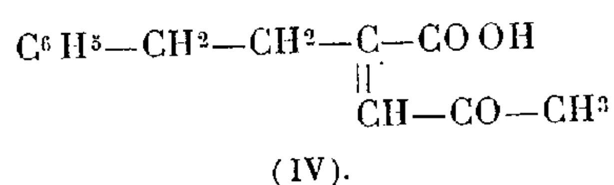


$C^6H^5—CH{=}C—COOH$ (avec $CH^2—CO—CH^3$ sur C) (II).

$C^6H^5—CH^2—C—COOH$ (avec $\Vert$ $CH—CO—CH^3$) (III).

([1]) P. Cordier, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 918.

I. Dans le but de préciser la place de la double liaison, nous avons essayé d'appliquer à ce composé une méthode (2) qui nous avait donné de bons résultats dans le cas de l'acide (IV) obtenu par déshydratation de l'acide acétone-benzylpyruvique (3)



Ce procédé repose sur l'oxydation de l'acide (IV) par l'hypochlorite de sodium avec formation des acides phéno-éthylmaléique et phéno-éthylfumarique.

Appliquée au cas particulier de l'acide (II) ou (III) cette méthode nous a donné, avec toutefois de plus faibles rendements, les acides benzylmaléique (phénylcitraconique) bien connu (F. 108°), dont l'anhydride fond à 66°, et benzylfumarique (phénylmésaconique) bien connu également (F. 212°).

L'emploi de l'hypobromite de sodium nous a conduit au même résultat avec de meilleurs rendements.

L'obtention des deux dérivés maléique et fumarique nous apporte un argument sérieux en faveur de la structure de l'acide cétonique éthylénique représentée par le schéma (III) où la double liaison se trouve placée au niveau du carbone immédiatement voisin du carbonyle.

II. Comme dans le cas de l'acide (IV) (4), la formation de l'isomère fumarique est conditionnée par certaines modalités de la préparation, et nous avons reconnu que le bisulfite de sodium, employé pour détruire l'excès d'hypochlorite ou d'hypobromite alcalin, permet l'obtention des deux isomères avec une proportion plus grande de dérivé trans que dans le cas du composé (IV), alors que l'emploi d'anhydride arsénieux comme réactif réducteur ne permet d'accéder qu'à l'isomère maléique.

Conclusion. — L'oxydation de l'acide cétonique éthylénique (II) ou (III) par l'hypochlorite ou l'hypobromite de sodium donne naissance selon les

(2) P. Cordier, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 870; *Thèse Doct. ès sciences phys.*, Paris, 1931, p. 29.

(3) J. Bougault, *Comptes rendus*, 155, 1912, p. 477; *Journ. Phys. Chim.*, 7e série, 6, 1912, p. 343.

(4) P. Cordier, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 870; *Thèse Doct. ès sciences phys.*, Paris, 1931, p. 32.

conditions, soit à l'acide benzylmaléique, soit à ce dernier accompagné de l'isomère fumarique. Comme dans le cas de l'acide (IV), la présence de bisulfite de sodium est nécessaire pour réaliser la formation de l'acide benzylfumarique; ce réactif est donc, comme pour l'acide phéno-éthyl-maléique, un agent de transformation du dérivé cis en isomère trans.

PHYSIQUE CRISTALLINE. — *Diffraction des rayons X par une poudre cristalline étendue sur une surface plane immobile.* Note [1] de M. **François Dupré la Tour**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Lorsque l'on enregistre des diagrammes de poudres en vue de certaines recherches particulières (polymorphisme, dilatations etc.), il suffit parfois d'obtenir quelques anneaux; la méthode suivante peut alors rendre service.

On étale la poudre en couche mince sur une lamelle plane rectangulaire. La plus grande dimension est horizontale et parallèle aux deux fentes de faible ouverture qui délimitent les rayons; la dimension perpendiculaire est petite. La surface est inclinée d'un angle α sur le plan horizontal, dans le sens voulu pour être irradiée par le faisceau. On recueille les raies de diffraction sur une plaque photographique perpendiculaire au faisceau incident.

Pour la commodité du raisonnement, nous envisagerons d'abord une coupe du dispositif par un plan vertical parallèle à la direction moyenne des rayons directs. On peut considérer avec une approximation suffisante que la source de ces rayons est un point situé à égale distance des deux fentes. Nous y placerons l'origine des coordonnées, et l'axe horizontal passant par ce point sera l'origine des angles. Les cristaux sont alignés sur un élément de droite D incliné d'un angle α sur l'axe horizontal; le milieu de D est sur l'axe, à la distance ρ_0 de l'origine.

Soient ρ et ω les coordonnées d'un cristal. Le rayon diffracté fait avec le rayon incident un angle θ correspondant à la raie considérée. Deux rayons incidents voisins ω et $\omega + d\omega$ se coupent, après diffraction, en un point dont les coordonnées sont ρ' et ω'. Soit r la longueur du rayon diffracté,

(1) Séance du 26 juin 1939.

depuis le point (ρ, ω) jusqu'au point d'intersection. On a les équations

$$\rho' \cos\omega' = \rho \cos\omega + r \cos(\omega + \theta), \qquad \rho' \sin\omega' = \rho \sin\omega + r \sin(\omega + \theta),$$
$$\rho \sin(\alpha - \omega) = \rho_0 \sin\alpha, \qquad (r + \rho \cos\theta)\, d\omega - \sin\theta\, d\rho = 0.$$

En première approximation, on trouve que les rayons déviés d'un même angle θ se coupent sur la circonférence C passant par l'origine et tangente à la droite D en son milieu, $\rho \sin\alpha - \rho_0 \sin(\alpha + \omega) = 0$ (²).

Un calcul plus rigoureux montre que les rayons déviés d'un même angle θ ne se coupent pas en un même point, mais sont tangents à un élément de caustique représenté par l'équation

$$\rho' = \rho_0 \frac{\sin\alpha \sin\theta}{\sin^2(\alpha + \theta - \omega')}.$$

C'est un arc de parabole, dont le foyer est à l'origine.

Revenons à la première approximation, et soit M le point de rencontre des rayons déviés d'un même angle θ. La plaque photographique verticale passant par M est à une distance $d = \rho_0 \cos\theta \sin(\theta - \alpha)/\sin\alpha$ du milieu de la droite D. Si nous faisons varier cette distance, la pseudo-focalisation n'est plus réalisée. Le diamètre de la tache est donné par $\varepsilon = \beta m/\cos^2\theta$, β désignant l'angle des deux rayons incidents qui passent par les extrémités de la droite D, m le déplacement de la plaque par rapport à la position optima. Avec $\theta = 20°$, $\beta = 0{,}003$, en acceptant $0^{mm},5$ comme largeur de raie, on dispose d'une marge m égale à 11^{cm} de part et d'autre de la position optima. On obtiendra donc des raies fines, même pour des distances très variables de la plaque à la lamelle.

Ce résultat vaut encore si l'on refait le calcul de façon plus rigoureuse : l'arc de caustique a, dans les conditions citées, une longueur voisine de 1^{mm}, ce qui n'introduit pas de modification appréciable dans la largeur des raies.

Nous avons raisonné sur une figure plane. Dans l'espace, chaque cristal diffracte le rayon incident suivant un cône circulaire dont il occupe le sommet. Bien que le calcul de l'intensité en un point de la plaque ne paraisse pas possible dans toute sa généralité, des considérations immédiates montrent que la densité de l'énergie diffractée est maximum suivant un élément de cylindre à directrice parabolique dont les génératrices sont

(²) On assimile alors la droite D à un arc de la circonférence C : et l'on se retrouve dans les conditions géométriques de la méthode de Bohlin.

parallèles à la grande dimension de la lamelle : sur la plaque, on obtiendra des raies rectilignes parallèles à la trace du faisceau incident.

Pour appliquer la méthode à une recherche donnée on détermine l'angle θ moyen correspondant aux raies intéressantes; les meilleures conditions sont $\alpha = \theta/2$, $d = \rho_0 \cos\theta$. Mais on peut, puisque la marge admissible est assez grande, fixer par construction l'angle α. Dans le dispositif adopté, α a une valeur de 10°. La lamelle mesure 2×15^{mm}; elle est en verre assez fortement dépoli. En écrasant la poudre cristalline sur la surface on obtient une adhérence suffisante, sans intermédiaire; 1 ou 2^{mg} de substance suffisent.

Les principaux avantages de la méthode sont :

1° La précision des mesures : les raies sont fines, les conditions géométriques de l'expérience faciles à définir grâce à l'emploi de plaques rigides (³).

2° La diminution du temps de pose : avec une poudre d'acide gras, une plaque photographique ordinaire et un tube à anticathode de cuivre, 10 minutes suffisent pour obtenir un diagramme.

Un inconvénient évident est de limiter le diagramme aux premiers anneaux; un second désavantage, c'est que des phénomènes d'orientation interviennent parfois quand on étale la poudre sur la surface de verre : les cristaux ne sont plus disposés tout à fait au hasard, et l'intensité relative des raies peut s'en trouver modifiée.

GÉOLOGIE. — *Sur l'évolution du phosphate de chaux dans le Toarcien de l'Échelle (Ardennes).* Note de M. **Antoine Bonte**, présentée par M. Lucien Cayeux.

J'ai décrit (¹) des phénomènes de remaniement dans le cordon phosphaté de l'Échelle.

(³) On prend comme origine sur les plaques, pour les mesures de distances de raies, la limite supérieure de l'ombre de la lamelle sur la trace du faisceau direct, en y ajoutant la longueur $l \sin\alpha.(\rho_0 + d)/\rho_0$, l étant la largeur de la lamelle, d la distance de la lamelle à la plaque. Une inscription nette et toujours identique du faisceau direct est un élément de précision.

(¹) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1494.

Les éléments de ce niveau sont à rechercher dans les marnes sous-jacentes; la couche phosphatée représente dès lors le produit de la concentration mécanique des fossiles de la marne; elle a la valeur d'un conglomérat.

Mais ce n'est là qu'un mode particulier du gisement des nodules phosphatés, car les possibilités d'évolution sont nombreuses.

La coupe détaillée du Toarcien, à l'Échelle, peut se résumer ainsi, de bas en haut :

1. marnes gréseuses bleues, à fossiles phosphatés noirs (plusieurs mètres);

2. passage progressif, par alternances, à un sable argileux gris jaunâtre (sable de moulage) renfermant des nodules et des fragments d'ammonites blanchâtres (5 à 6^m);

3. couche verte, légèrement rubéfiée ($0^m,10$) à la partie supérieure du sable; elle renferme des nodules blancs avec pellicule externe rougeâtre; les nodules sont enrobés dans une argile criblée de cristaux négatifs (²), de teinte vert bouteille dont l'intensité décroît à partir des cavités;

4. cordon phosphaté ($0^m,05$ à $0^m,10$) : plaquettes à *Dactylioceras commune* Sow., fragments de toutes tailles, disposés sans ordre et reposant sur une surface irrégulière, avec accumulation dans les points bas;

5. argile bariolée verte, jaune et rougeâtre, très sableuse ($0^m,40$); des nodules blancs se retrouvent dans les lits verdâtres qui renferment parfois des cristaux négatifs de petite taille;

6. argile grise et gris violacé à délits sableux ($0^m,40$) (au-dessus : Bajocien, conglomérat à galets de nodules phosphatés).

Des nodules existent donc à plusieurs niveaux et l'analyse quantitative (³) d'échantillons prélevés dans la coupe précédente montre les variations de la teneur en phosphate.

La colonne I donne le résultat en P^2O^5 % par la méthode du phosphomolybdate; la colonne II, par la méthode du phosphate ammoniaco-magnésien.

(²) Les cristaux, de petite taille, conservés dans une argile sableuse ou cohérente, n'ont malheureusement pas pu être déterminés.

(³) Les analyses ont été exécutées par Mlle Mistroff, sous la direction de M. Jacquemain.

	I.	II.
Fragments d'ammonites phosphatées		
de la marne (couche 1)	22,5	21,95
du niveau phosphaté (couche 4) essai 1	22,9	22,97
du niveau phosphaté (couche 4) essai 2	22,56	22,96
Nodules phosphatés		
du niveau phosphaté (couche 4)	16,56	16,65
du même niveau phosphaté (à la Neuville-aux-Tourneurs)	20,77	20,06
Fragment d'ammonite blanchâtre (couche 2)	14,44	14,50
Nodule blanc, partie intérieure blanche (couche 3)	12,10	12,50
Nodule blanc, partie externe vert bouteille (couche 3)	6,99	7,01
Argile sableuse verdâtre avec cristaux négatifs (couche 5)	1,88	1,83
Argile sableuse verdâtre sans cristaux négatifs (couche 5)	1,05	0,86

De ces analyses on peut déduire les enseignements suivants :

1° La teneur en phosphate des ammonites est plus élevée que celle des nodules, puisque ces fossiles sont à l'origine des concrétions.

2° Les nodules blancs sont des rognons de phosphate de chaux altérés. Cependant, aussi poussée que paraisse, à l'œil, la déphosphatisation, la remise en solution de l'acide phosphorique n'est pas complète.

3° Le phosphate de chaux éliminé des nodules est resté dans les passées argileuses de la roche encaissante.

4° Le phosphate émigré se retrouve avec une teneur appréciable à proximité des nodules déphosphatisés; au contraire, la quantité de phosphate est insignifiante quand on s'éloigne par trop des éléments qui l'ont fourni.

Interprétation. — La remise en solution de l'acide phosphorique est admise depuis longtemps, et M. Cayeux ([4]) a signalé le fait pour les craies phosphatées.

A l'Échelle, le même phénomène doit être invoqué pour expliquer l'altération des nodules phosphatés. En outre la disposition du phosphate émigré, en auréoles autour des cristaux négatifs, implique une remise en mouvement d'un autre ordre. M. Lacroix ([5]), à propos de la brushite et de la quercyite, a souligné le caractère transitoire de la brushite, phosphate bicalcique, soluble et susceptible de cristalliser dans les argiles. Peut-être se trouve-t-on ici en présence d'un phénomène analogue : le phosphate remis en solution aurait cristallisé dans le niveau argileux; bien plus, les

---

([4]) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1229.
([5]) *Minéralogie de la France*, 4, p. 496 et 584.

auréoles vert bouteille pourraient être dues à la diffusion du phosphate à partir des cristaux précédemment formés.

Concrétionnement, remaniement, dissolution, cristallisation et diffusion, telles seraient les étapes successives qui auraient marqué l'évolution des phosphates toarciens de l'Échelle.

STRATIGRAPHIE. — *Les premières industries paléolithiques et les alluvions à* Elephas meridionalis *du faubourg du Bois près d'Abbeville.* Note de MM. **Henri Breuil**, **Léon Aufrère** et Mme **Alice Bowler-Kelley**, présentée par M. Lucien Cayeux.

Du chemin des Postes à la route de Doullens s'échelonnent les gisements classiques où paraît se trouver l'industrie la plus ancienne qui ait été recueillie dans nos contrées. De plus, dans une partie des exploitations, on a signalé une faune où *Elephas meridionalis* se trouve associé à *Elephas throgontherii*, *Elephas antiquus*, *Machairodus latidens*, *Rhinoceros etruscus* et *Merckii*. Autour de nos fouilles de l'été 1938, les sables fossilifères et les couches sous-jacentes des carrières Léon et Carpentier ne nous ont pas donné de pièces suffisamment caractérisées ou recueillies dans des conditions d'observation satisfaisantes, mais les rapports stratigraphiques établis sur l'ensemble de nos observations nous permettent de répondre à la question de la manière suivante :

I. Les couches anciennes de la *carrière Carpentier* présentent, sous les sables ossifères, un coombe-rock crayeux associé à *des cailloux et à des rognons de silex où dominent les colorations claires, grises et parfois un peu verdâtres*. Toutefois, du côté ouest de la coupe, *les graviers inférieurs se rubéfient de bas en haut* et la presle (*coombe-rock*) se décalcifie dans le même sens, visiblement sous l'influence d'une circulation souterraine établie à la surface de la craie.

Dans la *carrière Léon*, on retrouve le coombe-rock crayeux, mais très réduit et discontinu. Il s'éloigne très peu de la surface de la craie.

Les graviers qui lui sont associés et qui le surmontent sont complètement rubéfiés. Ils supportent eux-mêmes des sables ossifères, calcareux, marneux ou argileux qui correspondent à ceux de la carrière Carpentier, bien qu'ils soient à peu près dépourvus de dragées organogènes. *Cette superposition permet d'assimiler le coombe-rock et les graviers roux de la carrière Léon*

au coombe-rock et aux graviers gris ou incomplètement rubéfiés de la carrière Carpentier.

Dans *la pâture qui est située au Sud de la route d'Amiens*, il n'existe pas de sables ossifères ni de coombe-rock crayeux. Par contre, *les graviers sont complètement rubéfiés, comme dans la carrière Léon, et beaucoup plus épais.* D'autre part, on y voit des rognons de silex intacts qui sont assez nombreux pour représenter un coombe-rock résiduel ou décalcifié.

Ainsi, du Nord au Sud, nous voyons s'amincir et disparaître les sables ossifères en même temps que les graviers augmentent de puissance pour constituer finalement la totalité de la formation. La rubéfaction des graviers se développe dans le même sens et se présente comme un phénomène secondaire, de sorte que *les graviers roux de la pâture doivent être considérés comme l'équivalent des graviers roux de la carrière Léon et des graviers clairs ou incomplètement rubéfiés de la carrière Carpentier.*

II. Les quelques silex bulbés que nous avons trouvés dans les graviers de la carrière Carpentier ne sauraient être pris en considération dans une question de cette importance, et dans la carrière Léon un coup de poing grossier mais incontestablement taillé a été recueilli dans des circonstances qui ne nous ont pas permis d'observer sa position stratigraphique précise. Mais nous avons obtenu de meilleurs résultats dans les graviers de la pâture. Les trouvailles les mieux caractérisées sont les suivantes :

a. Un coup de poing grossier de technique *abbevillienne*, convexe sur une face et sur un côté. Il présente un glaçage blanchâtre, un derme carié et des craquelures profondes. Ces caractères indiquent une exposition subaérienne prolongée. Il a été ensuite soumis à des actions clastiques qui ont usé les arêtes et épidermé les facettes. Finalement, la pièce a été rubéfiée, en même temps que les graviers, par un enduit ferrugineux, adhérant aux parties lustrées et pénétrant dans les parties épidermées.

b. Un coup de poing grossier, de technique *abbevillienne*, dont le lustrage varie avec la texture du silex. Il est couvert d'un enduit ferrugineux, léger et transparent. Il présente quelques stries et ses arêtes sont très faiblement émoussées.

c. Un nucleus de technique *clactonienne*. La surface glacée a été recouverte par un enduit opaque, ocreux et parfois noirâtre. Les arêtes ont été émoussées avant d'être colorées et la surface présente quelques stries.

La plupart des modifications superficielles enregistrées par les deux dernières pièces sont postérieures à leur incorporation au dépôt où elles ont été recueillies, mais elles sont au moins aussi anciennes que lui. La

première l'est davantage sans qu'il soit possible de lui attribuer un âge nettement différent. D'autre part, nos observations nous ayant conduits à relier les graviers roux de la pâture aux graviers, roux ou clairs, sous-jacents aux sables ossifères, des carrières Léon-Carpentier, *il en résulterait que les couches à industrie auraient les sables ossifères comme limite* ad quem *et que les silex taillés seraient antérieurs aux pièces ostéologiques que les sables ont livrées.*

Les considérations qui précèdent ne nous permettent donc pas d'étendre les conclusions négatives du Mémoire de V. Commont au delà du point qu'il avait personnellement étudié. Par contre, elles s'accordent avec les conclusions qui ont été formulées par d'Ault du Mesnil, mais qui reposaient sur des observations en partie inédites jusqu'à ce jour.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur la détermination spectrographique de quelques éléments existant en traces dans certaines algues calcaires* (Lithothamnium calcareum). Note de Mlle **Raymonde Lagrange** et M. **Arakel Tchakirian**, présentée par M. Marcel Delépine.

La propriété que possèdent certains organismes marins de fixer dans leurs tissus et leurs carapaces des éléments déterminés de ce milieu a fait depuis quelques années l'objet de nombreux travaux.

Le Laboratoire de Chimie analytique de l'Institut d'Hydrologie poursuivant une étude de la composition générale de l'eau de mer, et plus particulièrement une recherche des éléments y existant en très faible quantité ([1]), il nous a paru intéressant d'effectuer, parallèlement, une recherche spectrographique des traces métalliques dans certaines espèces végétales ou animales.

Nous nous sommes ici adressés aux algues calcaires (Maërl, *Lithothamnium calcareum*), dont la minéralisation principale a fait l'objet de quelques déterminations ([2]). L'étude des éléments existant en faible quantité dans les algues marines a donné lieu à un certain nombre de travaux.

([1]) MM. J. Bardet, A. Tchakirian et Mlle R. Lagrange, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 443, et **206**, 1938, p. 450.

([2]) Mme P. Lemoine, *Annales de l'Institut Océanographique*, **2**, 1911, p. 41; Damour, *Comptes rendus*, **32**, 1851, p. 253; W. A. Setchell, *Department of Marine Biology of the Carnegie Institution of Washington*, **20**, 1924, p. 253.

Une étude spectrographique de cendres des plantes marines a permis à Cornu ([3]) de déceler Ag, As, Au, Bi, Co, Cu, Ga, Ge, Gl, Mn, Mo, Ni, Pb, Sn, Sb, Ti, W, Va, Zn; M. Freundler a signalé la présence de l'étain dans les Laminaires ([4]), et Ter Meulen ([5]), celle du molybdène dans les algues. Il n'existe pas à notre connaissance de données particulières aux algues de la famille des Corollinacées, si ce n'est une détermination quantitative du manganèse par Marcelet (*Bulletin du Musée Océanographique de Monaco*, n° 265, 1913).

Les échantillons d'algues calcaires destinés à notre étude ont été prélevés au mois d'août, à Roscoff, par dragage. Après un triage immédiat permettant d'écarter les individus morts et de débarrasser les vivants de leurs parasites apparents, les algues ont été soigneusement lavées à l'eau distillée, séchées au laboratoire et rapportées à Paris, où le travail a été poursuivi. Les échantillons ont été calcinés entiers sans tenir compte des parasites microscopiques qu'il nous était impossible d'éliminer.

Étant donnée la forte teneur des cendres en éléments communs, l'examen spectrographique n'a pu être effectué qu'après séparation préalable en groupes analytiques. A cet effet, 100^g de cendres ont été traités par le carbonate d'ammonium pour insolubiliser la silice. Après filtration, le précipité a été repris par l'acide chlorhydrique, et l'insoluble, séparé sur filtre, a été finalement traité par l'acide FH, pour éliminer SiO^2 à l'état de SiF^6H^2. Nous avons effectué sur les deux filtrats, recueillis au cours de la mise en solution, la séparation analytique ordinaire (H^2S, Am^2S), telle que nous l'avons déjà employée pour la recherche des traces métalliques dans l'eau de mer ([1]). L'examen spectrographique du résidu de volatilisation de SiF^6H^2, des précipités de sulfures et du précipité de soufre recueilli après acidulation chlorhydrique des liqueurs filtrées sulfoammoniques, nous a révélé, abstraction faite des minéralisateurs principaux, la présence des 15 éléments

Ag, As, Cu, Ge, Gl, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Sn, Ti, Va, W, Zn.

([3]) *Comptes rendus*, **168**, 1919, p. 513.

([4]) P. FREUNDLER, Mlles MENAGER, LAURENT, LELIÈVRE, *Bull. Soc. Chim.*, **37**, 1925, p. 1466.

([5]) H. TER MEULEN, *Rec. Trav. Chim. Pays-Bas*, **51**, 1932, p. 549.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Observation d'un coup de foudre en boule.* Note de M. **Rodolphe Garreau.**

Un coup de foudre violent, sec, suivi d'une pluie pas très forte, s'est produit le 26 avril 1939, vers 15^h30^m, sur la partie Nord de Rochefort-sur-Mer, à partir d'un éclair vertical bleu-étincelant, vu par M. Épinoux, mécanicien-électricien au château d'eau de l'Hôpital de la Marine. Cet éclair initial s'est partagé en trois et aux trois impacts A, B, C ([1]) est apparue une sphère lumineuse *rouge brique foncé*, sans protubérances ni odeur, allant de la grosseur d'un ballon de football (diamètre $15\text{-}20^{cm}$) à une balle d'enfant (un peu plus grosse que le poing).

En A, M. Rocheteau voit, à 4 *mètres de lui* et à $2^m,50$ *du sol*, un globe de $15\text{-}20^{cm}$ de diamètre, en même temps, il se sent *légèrement repoussé* par un souffle d'air. En montant le toit humide d'une petite construction basse, le globe disparaît subitement; pour monter il avait suivi un hauban en fer, qu'il avait fondu et pulvérisé en produisant de la fumée. La canalisation électrique d'une maison de 8^m de haut reliée à la construction basse fut brûlée, le compteur endommagé et l'observateur, employé du gaz, en train de poser un tuyau dans la cour, recevant une commotion.

En B, des témoins multiples, le chef électricien en service à la grue et les dockers. Le deuxième globe a encore $15\text{-}20^{cm}$ de diamètre et se pose au sommet de la grue avec un terrible fracas. Le fluide pénètre dans la câblerie électrique, brûle le tableau du disjoncteur et les enroulements du moteur électrique de la grue, donnant une violente secousse au chef électricien, *incapable d'arracher ses mains des manettes du* controller, le secouant et le stupéfiant au point de ne pas entendre la détonation dont il vient d'être question. En même temps, le Directeur de la maison Worms, occupé à téléphoner, ressentait une violente commotion.

L'éclatement du globe de feu en touchant la grue était accompagné d'une formidable étincelle *bleue*, *grosse comme le bras*, qui passa 40 *mètres* plus loin au ras du visage d'un docker *qui en fut bousculé*. Une douzaine de pelleteurs travaillant à des distances de la grue de 10 à 50 mètres furent

---

([1]) A, 45 rue Pasteur; B, grue du Parc à charbon de la Maison Worms; C, château d'eau de l'Hôpital de la Marine. AB, 500 mètres. C est le milieu de AB.

secoués, *renversés brutalement*, l'un d'eux *soulevé à* 60^{cm} *en l'air*, tous projetés, les pelles arrachées de leurs mains et lancées à 3 ou 4 mètres. Ni fumées ni odeur particulière ne furent perçues.

En C, quatre témoins, Un gardien de bureau a vu une boule de feu, *grosse comme les deux poings*, s'abattre sur un paratonnerre du côté W du château d'eau et descendre par le conducteur jusqu'à terre, où elle a disparu derrière un bâtiment.

Deux ouvriers ont vu une boule de feu, *un peu plus grosse que le poing*, rouler sur le sol très vite se dirigeant vers une flaque d'eau (ou une bouche d'égout ouverte) et disparaître dans l'une ou l'autre.

M. Épinoux, mécanicien-électricien, a vu l'éclair vertical, vraisemblablement initial et peu après la boule de feu rouge brique et une fumée noire.

En 1905, dans le même quartier, *il avait vu la foudre en boule tomber à deux mètres de lui* et rouler sur le trottoir.

Ultérieurement, *il avait été l'objet d'un transport matériel de 4 à 5 mètres du haut en bas d'un escalier*, lors d'un coup de foudre sur le Musée Municipal.

BOTANIQUE. — *Reconstitution expérimentale d'une Graminée éteinte, par un croisement interspécifique*. Note de M. **Antoine de Cugnac**, présentée par M. Marin Molliard.

A côté de la forme typique, à épillets glabres, de *Bromus arduennensis* Dmrt., il existait jusque vers le début du siècle une variété à épillets velus de la même espèce, *B. arduennensis* var. *villosus* Crép. (1), dont on retrouve encore des exemplaires dans les herbiers d'il y a 75 à 100 ans, et qui était signalée alors comme croissant avec l'espèce typique, mais plus rare, et dans un petit nombre de localités seulement.

C'étaient des plantes étroitement liées à la culture du Blé Epeautre (*Triticum Spelta* L.), comme l'est encore actuellement une autre espèce très particulière, *Bromus grossus* Desf. *ex* DC., qui se rencontre aussi sous deux formes : *B. grossus* var. *velutinus* Schrad., à épillets velus, et *B. grossus* var. *nitidus* Dmrt., à épillets glabres.

---

(1) Pour la synonymie et la description des diverses formes de *B. arduennensis* et *B. grossus*, cf. A. de Cugnac et A. Camus, *Bull. Soc. bot. Fr.*, 83, 1936, p. 47.

Mais, si *B. grossus* se retrouve à peu près partout où l'on cultive l'Epeautre, *B. arduennensis* était caractérisé par un endémisme très étroit, ne se rencontrant que dans une petite bande de terrain, limitée au nord par Liége et Verviers, au sud par Givet et Rochefort (Condroz et Famenne), où les anciens botanistes le décrivaient comme assez répandu dans les moissons.

Or, depuis une cinquantaine d'années, on a signalé le déclin progressif, à l'état naturel, de cette rare espèce, que les botanistes belges considèrent désormais comme entièrement disparue de son habitat spontané, aussi bien sous sa forme glabre que sous sa forme velue.

Cependant la culture dans les Jardins botaniques, et notamment dans celui de Liége, où elle est resemée chaque année depuis plus de cent ans, a permis de conserver à l'état vivant la forme typique, glabre. Il n'en a pas été de même pour la variété velue, dont l'extinction était complète ([2]).

Seule l'espèce typique, à épillets glabres, dont M. Bouillenne me fournit des semences, pouvait donc être utilisée dans les expériences d'hybridation que j'avais entreprises sur une série d'espèces de Bromes, en vue de vérifier leurs affinités naturelles : c'est l'une de ces expériences qui m'a permis de reconstituer la variété velue de *B. arduennensis*.

J'ai effectué les croisements initiaux, en 1936 et 1937, entre *B. arduennensis* typique, glabre, et *B. grossus* var. *velutinus*, réalisant les deux hybrides réciproques, qui sont absolument identiques, comme il est de règle en F_1. Les caractères de cette première génération sont exactement ceux de *B. grossus* var. *velutinus*, qui se montre ainsi entièrement dominant.

En F_2 il y a disjonction régulière, et apparition de nouvelles combinaisons de caractères. Si l'on considère, en effet, que les deux espèces croisées diffèrent par deux couples de caractères : glabréité et présence de l'oreillette latérale des glumelles (caractère principal, auquel sont liés une série de caractères accessoires), caractéristique de *B. arduennensis;* villosité et absence d'oreillette, pour *B. grossus* var. *velutinus*, on devra trouver en F_2 la combinaison : villosité + oreillette = *B. arduennensis* var. *villosus*. C'est en effet ce qui a lieu; et je possède dès maintenant en culture plusieurs exemplaires présentant à nouveau, à l'état vivant, tous les caractères de la

(2) Tous les appels que j'ai adressés, depuis 1935, aux botanistes qui posséderaient des graines de cette rarissime variété susceptibles de germer, sont restés sans écho (cf. *Bull. Soc. bot. Fr.*, 83, 1936, p. 505).

variété éteinte *B. arduennensis* var. *villosus*, reconstituée, en seconde génération, par le croisement précité.

Deux conclusions se dégagent immédiatement de ces faits.

En premier lieu, il paraît pouvoir être considéré comme acquis que l'origine de *B. arduennensis* var. *villosus*, à l'état naturel, doit être rapportée au même croisement que celui que j'ai effectué, les deux espèces croissant et fleurissant ensemble dans les moissons d'Épeautre. Cette hybridation permet donc de fixer un point intéressant de phylogénie expérimentale, à la fois pour l'espèce considérée et d'une manière générale pour l'origine des variations de l'indument chez les Graminées. J'ai montré en effet, dans une expérience précédente, que la variété velue de *B. sterilis* pouvait être reproduite par le croisement [(*B. madritensis* × *sterilis*) × *sterilis*] (²). Devra-t-on, cependant, continuer à admettre comme valable la variété velue, dont l'origine hybride se trouve ainsi démontrée? La réponse affirmative ne me paraît pas douteuse, car les anciens botanistes avaient vérifié (Strail, plus de 15 ans) la constance de *B. arduennensis* var. *villosus*, récolté dans la nature; et pour la variété reconstituée obtenue dans les présentes expériences, comme il s'agit d'hybrides mendéliens, il suffira d'isoler les homozygotes pour en former des lignées indéfiniment stables.

En second lieu, ces expériences permettent aussi d'établir la position systématique de *B. arduennensis*, qui doit être placé au voisinage immédiat de *B. grossus*. Ce résultat est intéressant à noter, car de nombreux botanistes, se basant sur les caractères très particuliers de la morphologie florale de l'espèce (oreillette, etc.), lui attribuaient une situation tout à fait à part, ou même un genre spécial (*Michelaria*, *Libertia*, *Aechmophora*). On voit combien il convient d'être prudent dans l'interprétation des rapports entre les espèces, déduits de l'observation d'un seul groupe de caractères; seule l'étude phylétique (³), basée sur la recherche et la comparaison des affinités les plus variées, pourra permettre l'établissement rationnel de la classification naturelle.

(²) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1088.
(³) A. de Cugnac, *Bull. Soc. bot. Fr.*, 86, 1939, p. 26.

ZOOLOGIE. — *Observations sur la régénération des appendices locomoteurs chez* Atyæphyra Desmaresti (*Crustacé Décapode nageur*). Note de Mme **Louise Nouvel**, présentée par M. Charles Pérez.

J'ai résumé [1] l'état actuel des connaissances sur le mode de régénération des appendices locomoteurs chez les Crustacés Décapodes nageurs. Le tableau que j'ai donné à cet effet ne mentionne pas la famille des *Atyidæ*. J'ai pu combler cette lacune, à Toulouse où *Atyæphyra Desmaresti* (Millet, 1831) est abondante dans le Canal du Midi.

L'élevage de ces animaux est assez aisé en aquariums biens aérés.

J'ai pratiqué des ablations au plan d'autotomie ou de moindre résistance, sur différentes pattes locomotrices.

Si les amputations sont faites immédiatement après une mue, au bout de 24 heures environ, le moignon se couvre d'une pellicule cicatricielle brunâtre. Cette cicatrice s'éclaircit par la suite, mais elle persiste à la surface du moignon, jusqu'à la mue suivante, sans montrer la moindre apparence de bourgeon ou même de gonflement. A la mue, on obtient d'emblée une patte miniature. Donc à aucun moment, il n'y a de bourgeon accrescent, la néoformation s'effectue à l'intérieur du moignon.

Considérons maintenant les cas où les amputations ont été exercées à des temps variables par rapport à la mue. Si la mue survient dans les trois premiers jours qui suivent la lésion, la surface cicatricielle n'accuse aucune modification sensible jusqu'à la mue suivante; la patte miniature ne sera mise à jour qu'à la seconde mue. Lorsque la mue a lieu de 4 à 8 jours après l'ablation de la patte, on voit apparaître, à ce moment, un bourgeon dont la croissance, jusqu'au prochain rejet de l'exuvie, n'est pas très grande. Ce bourgeon, même petit, montre nettement les constrictions limitant les futurs articles : les articles basaux sont délimités tout d'abord et la pince ou la griffe terminale ne se décèlent que très tard. La différenciation du bourgeon serait donc basifuge et non basipète, comme c'est le cas pour les Crevettes que j'ai étudiées à ce point de vue.

Enfin, si la mue s'effectue au delà du 8e jour, il apparaît immédiatement une très petite patte miniature dont les articles ne sont généralement pas encore fonctionnels.

Cette étape critique dans la différenciation du blastème ou *seuil critique*

---

(1) *Bull. Inst. Océanogr.*, n° 773, 1939, p. 1-6.

de différenciation (²) est atteinte vers le 8ᵉ jour pour des individus de taille moyenne (20 à 24^{mm}), vers le 12ᵉ jour pour de grands individus (30 à 34^{mm}). A l'époque à laquelle j'ai fait ces expériences, c'est-à-dire de la fin mars au début de juin, les mues se succèdent tous les 12 jours environ pour les individus de 20 à 24^{mm} et tous les 16 à 18 jours pour les plus grands exemplaires. Donc, comme pour quelques autres espèces de Crevettes chez qui j'ai mis en évidence des processus régénérateurs plutôt lents (*Crangon crangon*, *Leander*), le seuil critique de différenciation du régénérat se place aux deux tiers de l'intervalle de temps séparant deux mues consécutives.

La reconstitution totale de l'appendice est également assez lente. Par exemple, chez un individu de 26^{mm}, 23 jours après l'amputation, le régénérat du 2ᵉ péréiopode a 3^{mm},5 alors que le 2ᵉ péréiopode normal a 5^{mm},5; le régénérat du 5ᵉ péréiopode a 4^{mm}, le péréiopode normal 8^{mm},5. Or, chez un individu de même taille (26^{mm},5), mais 47 jours après l'amputation, la miniature du 2ᵉ péréiopode a 5^{mm}, le péréiopode normal 5^{mm},8; la miniature du 5ᵉ péréiopode a 5^{mm},5 et le péréiopode normal 8^{mm},7. Cet exemple est pris parmi les animaux qui ont régénéré le plus rapidement.

Des coupes de moignons à différents stades montrent que, tout comme chez la Crevette grise *Crangon crangon* (³), une fois que l'hypoderme cicatriciel est constitué (vers le 5ᵉ jour), la sécrétion de la chitine commence et vient doubler intérieurement la membrane cicatricielle. En même temps, l'hypoderme ancien commence à se décoller de la chitine du moignon et ce phénomène s'accentue peu à peu. L'organisation interne s'effectue grâce à de nombreuses mitoses dont les premières apparaissent dans l'hypoderme, vers le 4ᵉ jour.

Le bourgeon se développe peu à peu à l'intérieur de la chambre constituée par la chitine du moignon et par la membrane cicatricielle doublée de chitine. Ce remaniement des tissus restants de la patte chez *Atyæphyra* constitue un nouvel exemple où des phénomènes de morphallaxis interviennent au cours de la régénération des appendices locomoteurs.

En résumé, les *Atyæphyra* régénèrent leurs péréiopodes amputés au plan d'autotomie sans donner de bourgeon externe, la néoformation s'effectue à l'intérieur du moignon. De toutes les familles de Crevettes que j'ai eu l'occasion d'expérimenter, je n'ai rencontré ce mode de régénération particulier que dans la seule famille des *Crangonidæ*.

(²) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 611.
(³) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 584.

PHYSIOLOGIE. — *Le diabète permanent provoqué chez le chien normal par des injections répétées d'extrait antéhypophysaire n'est pas accompagné d'une élévation du métabolisme basal.* Note [1] de MM. **Louis Hédon** et **Auguste Loubatières**, présentée par M. Hyacinthe Vincent.

L'extirpation totale du pancréas chez le chien détermine, en même temps que le diabète sucré, une élévation du métabolisme de base d'environ 30 %. Les expériences de L. Hédon [2], ainsi que celles de E. et L. Hédon [3], ont démontré que ce phénomène est indépendant du traumatisme opératoire ainsi que des troubles digestifs; il est lié aux altérations du métabolisme intermédiaire qui résultent de la privation de la sécrétion interne du pancréas.

Il nous a paru important de rechercher si la dépense d'énergie minima est accrue dans le diabète sucré permanent provoqué chez le chien normal par des injections intrapéritonéales répétées d'extrait de lobe antérieur d'hypophyse, nouvelle forme de diabète expérimental découverte par Young [4] et que l'un de nous a réussi à reproduire.

Date des expériences.	Poids des animaux en g.	CO^2 exhalé par kg/h en cm³.	O^2 consommé par kg/h en cm³.	Quotient respiratoire.	Calories dégagées par kg/h.
1° *Chien rendu diabétique par injections d'extrait hypophysaire.*					
25 mars 1939	4791	377	490	0,768	2,29
28 »	4718	349	463	0,755	2,16
31 »	4655	354	480	0,736	2,23
12 mai 1939	4173	390	528	0,738	2,46
Moyennes...............		367	490	0,750	2,28
2° *Chiens normaux de 4500 à 4900 grammes.*					
Moyennes de 35 expériences ...		391	525	0,744	2,44
3° *Chiens totalement dépancréatés diabétiques.*					
8 mai 1922	4279	504	698	0,722	3,26
1er mars 1923	4133	487	669	0,727	3,08

(1) Séance du 26 juin 1939.
(2) *Arch. internat. Physiol.*, **29**, 1927, p. 175.
(3) *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 1633.
(4) *The Lancet*, **2**, 1937, p. 372.

Les échanges gazeux respiratoires du chien dont l'observation a été résumée dans une précédente Note ([5]) ont été mesurés à plusieurs reprises, pendant des périodes de 4 à 5 heures, dans les conditions de la dépense de fond (température de 25° dans la chambre respiratoire, animal à jeun depuis 20 à 22 heures). La technique utilisée a été celle que L. Hédon a décrite en justifiant sa précision par de nombreuses déterminations de contrôle ([6]).

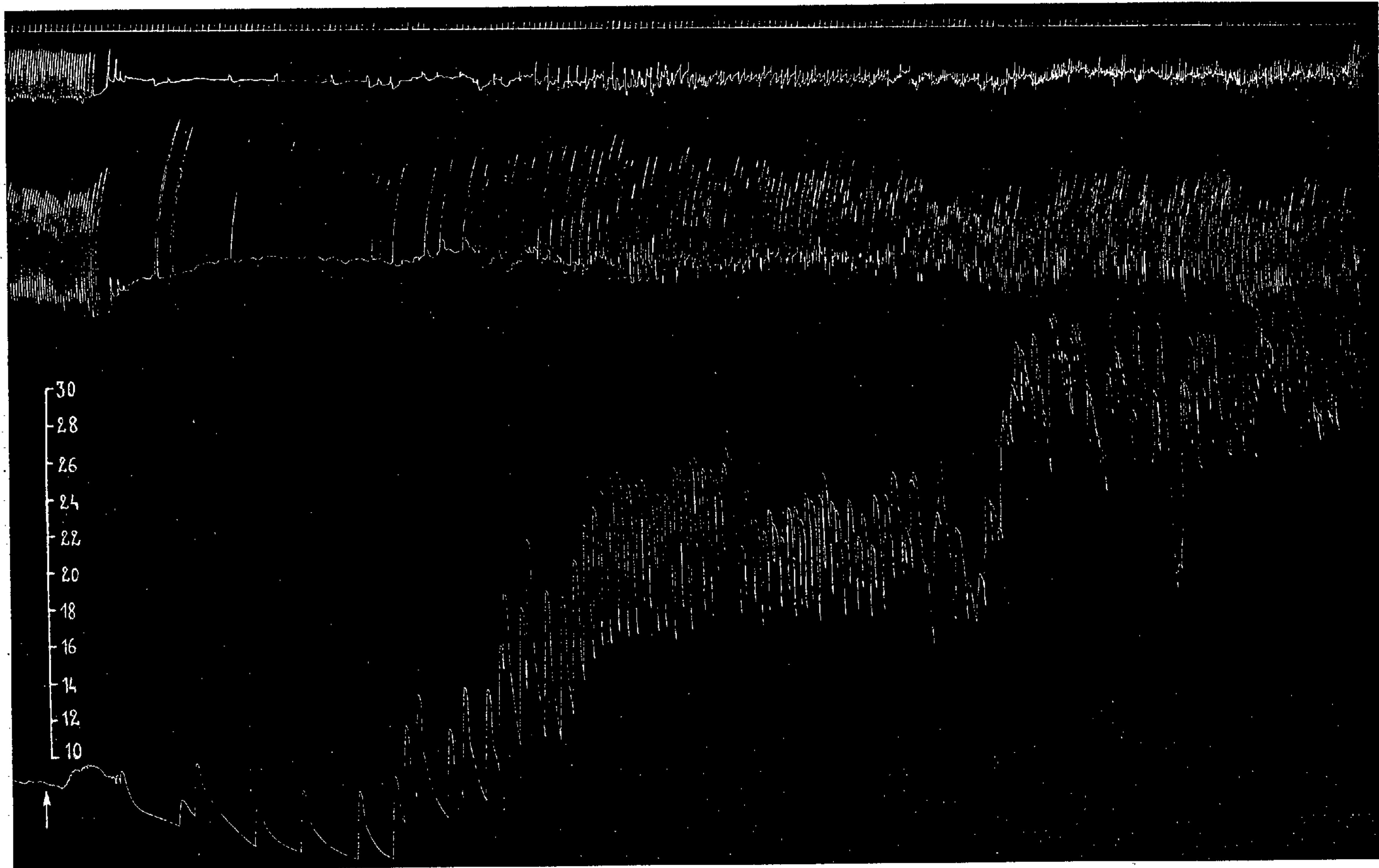
Les quantités d'anhydride carbonique exhalé et d'oxygène consommé ont été trouvées égales ou même un peu inférieures à celles de chiens normaux de poids comparable, comme l'indique le tableau ci-contre. Elles correspondent à une dépense d'énergie qui n'atteint pas 2,5 cal/kg corporel et par heure, ce qui permet de conclure en toute certitude que le diabète permanent provoqué par les injections d'extrait hypophysaire diffère, entre autres caractères distinctifs, de celui que produit l'extirpation totale du pancréas, par l'absence d'élévation du métabolisme basal.

PHARMACOLOGIE. — *L'action nicotinique de l'hordénine n'est pas supprimée par l'introduction dans la molécule d'un second oxhydrile phénolique, celui-ci en position méta.* Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Paul Portier.

De nombreux auteurs, en particulier Tainter ([1]), puis Mulinos et Osborne ([2]), ont vu dans le noyau pyrocatéchique un élément indispensable du squelette moléculaire des substances sympathicomimétiques, tout au moins de celles qui chimiquement se rapprochent le plus de l'adrénaline ([3]). Mais nous avons montré ([4]) que, pour qu'une substance soit douée d'une activité sympathicomimétique typique, point n'est besoin que la molécule renferme deux oxhydriles phénoliques et qu'il suffit pour cela qu'on y trouve un oxhydrile phénolique en position 3 ou 4 et un oxhydrile alcoolique situé en α sur la chaîne latérale. Nous avons prouvé ([5]) d'autre

([5]) Loubatières, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1933.
([6]) Hédon L., *Arch. internat. Physiol.*, 26, 1926, p. 329.

([1]) *Journ. of Pharmacol.*, 40, 1930, p. 43.
([2]) *Proceed. of the Soc. f. exp. Biol. a. Med.*, 32, 1935, p. 1344.
([3]) M. L. Tainter, *Arch. internat. de Pharmacodyn.*, 46, 1933, p. 192.
([4]) Raymond-Hamet, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1982.
([5]) Raymond-Hamet, *Arch. f. experim. Pathol. u. Pharmakol.*, 158, 1930, p. 187.



Expérience du 27 février 1936. — Chien ratier à poils ras de $10^{kg},500$, anesthésié par le chloralose (14^{cg} par kg), bivagotomisé au cou et soumis à la respiration artificielle. 1re ligne : temps en secondes. 2e ligne : contractions de l'auricule enregistrées par la méthode dite « de suspension ». 3e ligne : contractions du ventricule enregistrées par cette même méthode. 4e ligne : modifications de la pression carotidienne enregistrées au moyen du manomètre à mercure. Au point marqué par la flèche, on a injecté dans la saphène $52^{mg},5$ de chlorhydrate d'oxy-hordénine dissous dans $10^{cm^3},5$ de soluté physiologique de chlorure de sodium. Tracé réduit de moitié.

part que l'hordénine, dont l'anneau benzénique supporte un oxhydrile phénolique en para, possède une action nicotinique, qu'elle paraît devoir à sa fonction amine tertiaire.

La réalisation synthétique par K. Kindler de la N-diméthyl-β-(3-4-dioxyphényl) éthylamine, ou oxy-hordénine, c'est-à-dire de la substance qui diffère de l'hordénine par la présence d'un second oxhydrile phénolique en position méta et qui possède par conséquent un noyau pyrocatéchique, nous a permis de rechercher si l'existence de ce noyau suffisait à transformer une substance partiellement nicotinique en une substance purement sympathicomimétique.

Les nombreuses expériences que nous avons pratiquées avec de l'oxy-hordénine mise à notre disposition par Kindler lui-même nous ont permis de nous assurer qu'en dépit de son squelette pyrocatéchique, l'oxy-hordénine n'est pas un sympathicomimétique parfait, mais possède, tout au moins aux doses fortes, une action nicotinique indéniable. C'est ainsi que nous avons pu constater que, comme la nicotine et l'hordénine, l'oxy-hordénine, à dose suffisante, fait apparaître une phase primitive et durable d'inhibition cardiaque à laquelle fait suite une longue période de tachy-arythmie (voir la figure).

Il est donc démontré que la fonction amine tertiaire imprime à la molécule une action nicotinique si forte que le noyau pyrocatéchique est à lui seul impuissant à la dissimuler. Pour qu'il en soit ainsi, c'est-à-dire pour qu'on obtienne un corps dont l'activité sympathicomimétique soit exclusive de toute action nicotinique, il faut qu'aux deux oxhydriles phénoliques en 3.4- s'ajoute, en α de la chaîne latérale, un oxhydrile alcoolique.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur les courants d'action et les théories de l'excitabilité de la fibre nerveuse.* Note (¹) de MM. **Georges Déchène** et **Jean-A. Reboul**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les auteurs qui se sont occupés des théories de l'excitabilité ont considéré la fibre nerveuse comme un système capacito-résistant sur la constitution duquel les avis diffèrent quelque peu (schémas de Herrmann, Hill, Rushton). Certains d'entre eux (Hill, Rushton) ont tenté d'interpréter

(¹) Séance du 26 juin 1939.

l'origine de l'onde nerveuse par des modifications de la différence de potentiel au contact du cylindraxe et de la gaine extérieure de la fibre nerveuse; ils ont fait pour cela des hypothèses sur la nature et la forme de ces modifications. Nous nous proposons de montrer que ces hypothèses sont inutiles et en contradiction avec les résultats expérimentaux qu'a donnés l'étude des courants d'action de la fibre nerveuse.

Nous adoptons un schéma électrique de la fibre nerveuse analogue à ceux déjà utilisés par de nombreux auteurs, nous assimilons le nerf à un système de deux conducteurs cylindriques concentriques, mais auxquels nous supposons les propriétés des substances semi-conductrices.

Soient r_1 la résistance de l'ensemble liquide interstitiel-gaine de myéline (couche 1), r_2 celle du cylindre intérieur ou cylindraxe, C la capacité de contact et ρ sa résistance de fuite (r_1, r_2, ρ, C pris par unité de longueur). Soient e la f. e. m. au contact en un point d'abscisse x et $-e_0$ sa valeur initiale lorsque la fibre nerveuse n'est pas en activité; nous admettons, comme l'ont fait divers auteurs qui ont traité la question, que r_1, r_2, C et ρ ne sont pas modifiés par le passage de l'onde nerveuse et que seule varie la f. e. m. de contact. Dans ces conditions, si V est la différence de potentiel au temps t entre les couches 1 et 2 en un point d'abscisse x, on a

$$L^2 \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} = \alpha \frac{\partial V}{\partial t} + V - \Delta e,$$

en posant $L^2 = \rho/(\tau_1 + \tau_2)$ (analytical unit of length) et $\alpha = C\rho$ (finite time de Rushton), Δe variation $(e + e_0)$ de la f.e.m. de contact à partir de sa valeur initiale $-e_0$.

Soient $V = \varphi(x)$ la fonction représentant la variation de V le long de la fibre, U la vitesse de propagation de l'onde nerveuse; posant $z = x + Ut$, $\varphi(z)$ donne V à un instant quelconque t en un point quelconque x, et l'on a

$$L^2 \varphi'' - \alpha U \varphi' = \varphi - \Delta e,$$

φ' et φ'' dérivées de φ par rapport à z.

Intégrant entre deux points P et P′ pris en dehors de l'onde ($\varphi = \varphi' = \Delta e = 0$ en P et P′), on a

$$\int_P^{P'} \varphi \, dz = \int_P^{P'} \Delta e \, dz.$$

Les aires limitées par l'axe Ox et les courbes représentant les variations de Δe et de φ sont égales.

Or on peut démontrer que, si V_1 est la différence de potentiel vraie entre les deux couches (mesurée à l'oscillographe et dite *courant d'action*), on a

$$V = \varphi(z) = V_1 \frac{r_1 + r_2}{r_1}.$$

La courbe donnant les variations de φ est une courbe homologue de la courbe représentant le *courant d'action*. La formule (2) permet alors de prévoir sans hypothèse supplémentaire les variations de Δe : elles sont représentées par une courbe d'abord au-dessous de la courbe φ, puis la coupant, passant par un maximum situé au-dessus du sommet S de φ, elle décroît ensuite en coupant une seconde fois la courbe φ pour repasser au-dessous de cette courbe.

On sait que la théorie classique admet que le passage de l'onde nerveuse en un point est caractérisé par une dépolarisation brutale, c'est-à-dire par une brusque variation du potentiel; le calcul indiqué plus haut montre qu'on ne peut admettre ni que e varie brusquement, ni comme le fait Rushton (1937), que Δe n'a que la valeur zéro (fibre non excitée) ou la valeur $+e_0$ (excitation). On peut d'ailleurs démontrer que Δe ne peut même pas être considéré comme constant dans un petit intervalle autour de S. Il ne semble donc pas correct de baser une théorie de l'excitabilité nerveuse sur une hypothèse assignant une forme arbitraire à la variation de Δe, puisque celle-ci est déterminée par la forme bien connue expérimentalement du courant d'action; les résultats connus sur l'excitabilité et la conductibilité peuvent s'interpréter en se basant uniquement sur la considération de la fonction φ.

Enfin il existe un point de vue qui ne semble pas avoir été envisagé par les théoriciens : l'excitation et la propagation de l'onde dépendent d'une variation de la capacité de contact. L'équation fondamentale est alors

$$L^2 \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} = V + \rho \frac{\partial (CV)}{\partial t} - \rho e_0 \Delta C,$$

et, avec les notations déjà employées,

$$L^2 \varphi'' = \varphi + \rho U \frac{\partial (CV)}{\partial z} - \rho e_0 U \Delta C.$$

On a donc

$$\int_P^{P'} \varphi(z)\, dz = \rho e_0 U \Delta C.$$

A la fin du passage de l'onde, la capacité a subi une variation ΔC et le

contact n'est pas revenu à son état primitif. Les résultats expérimentaux sur l'excitabilité et la conductibilité s'interprètent plus aisément en faisant intervenir ces variations de capacité.

La séance est levée à $15^h 50^m$.

E. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de juin 1939.

Structure et propriétés des couches photographiques, par L.-P. Clerc. Paris, Éditions de la Revue d'optique théorique et instrumentale, 1939; 1 vol. 22^{cm} (présenté par M. Ch. Fabry).

Journées internationales de chronométrie et de métrologie. Paris, juillet 1937. *Procès-verbaux et mémoires recueillis* par René Baillaud et Pierre Nicolau. Paris, Éditions de la Revue d'optique théorique et instrumentale, 1939; 1 vol. 25^{cm} (présenté par M. Ch. Fabry).

Titres et travaux scientifiques du professeur Joseph Lignières (1868-1933). Paris, Vigot Frères, 1938; 1 vol. 28^{cm} (présenté par M. H. Vincent).

De la carbonisation aux carburants d'aviation, par Charles Berthelot. Tome I. *Le pétrole et ses succédanés*. Paris, Dunod, 1939; 1 vol. 21^{cm} (présenté par M. G. Claude).

Le barrage de Nag-Hamadi et la surélévation du Nil souterrain d'étiage le long de la ligne de remous d'exhaussement (avec 3 planches), par Ch. Audebeau Bey. Extrait du *Bulletin de l'Institut d'Égypte*. Tome XIX, session 1936-1937. Le Caire, Imprimerie de l'Institut français d'archéologie orientale, 1937; 1 fasc. 25^{cm} (présenté par M. M. Laubeuf).

(*à suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 JUILLET 1939.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE BÉHAL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *La flore de la Somalie française et la forêt-relique du Mont Goudah.* Note de M. **AUGUSTE CHEVALIER.**

Jusqu'à ces temps derniers la flore de l'intérieur de la Somalie française était inconnue. Nos connaissances se bornaient aux récoltes effectuées en 1885-1886 par le Dr Louis Faurot qui rapporta au Muséum une petite collection de 105 espèces végétales venant du pourtour de la baie de Tadjourah et étudiées par A. Franchet en 1887 (*Journal de Botanique*, 1, p. 117 et 134). C'étaient, pour la plupart, des espèces désertiques ou littorales, connues déjà en Nubie ou en Arabie. Aucune collection botanique n'avait pu être réunie dans l'intérieur de notre possession; par contre, la flore d'Abyssinie est en grande partie connue depuis longtemps, grâce surtout à l'ouvrage classique publié par Achille Richard, *Tentamen Floræ Abyssinicæ* (1847-1851).

Par suite des prétentions récentes de l'Italie, la France a été amenée dans ces derniers temps à créer des postes militaires aux frontières intérieures de sa colonie. Aujourd'hui on circule librement dans toute la Somalie française. Grâce à cela de nombreux documents sur la flore ont été réunis l'an dernier par M. E. Aubert de la Rüe; enfin, ces temps derniers, M. Hubert Deschamps, Gouverneur de Djibouti, a eu l'obligeance de nous envoyer pour étude un herbier qu'il venait de faire rassembler.

Ces documents nous permettent de donner un aperçu d'ensemble sur la flore de notre Colonie. Grâce à l'ouvrage de E. Aubert de la Rüe, illustré d'une carte et de belles photographies montrant les aspects de végé-

tation ([1]), on peut suivre les itinéraires de notre principal collecteur et avoir une compréhension assez précise des zones de végétation.

Celle-ci, dans les parties basses (au-dessous de 500m d'altitude), rappelle beaucoup par sa composition la lisière sud du Sahara (zone sahélienne). C'est une steppe aride, très pauvre, à sol rocailleux presque constamment à sec (à Djibouti il tombe annuellement 13cm d'eau en moyenne). C'est, d'après Aubert de la Rüe, une maigre végétation d'herbes desséchées et de buissons épineux rabougris formant des taches grises au milieu des solitudes rocailleuses. Les plantes ligneuses sont pour la plupart des espèces sahariennes, dont l'aire s'étend depuis l'Arabie jusqu'à la côte mauritanienne de l'Atlantique. Citons *Acacia seyal*, *A. senegal*, *A. læta*, *Balanites ægyptiaca*, *Zizyphus orthacantha*, *Salvadora persica*, *Boscia octandra*, *B. angustifolia*, *Capparis decidua*, *Mærua crassifolia*, *Courbonia virgata*, *Cadaba glandulosa*, *Heeria insignis*, *Grewia populifolia*, *Calotropis procera*, *Tamaris gallica* var. *nilotica* etc.

Cependant il s'y ajoute aussi des plantes spéciales qui ne se rencontrent pas dans le Sahara, mais appartiennent en propre à l'Afrique orientale, *Capparis galeata*, *Cadaba rotundifolia*, *Rhus abyssinica*, *Commiphora myrrha*, *Jatropha lobata* etc.

Quant aux espèces herbacées, c'est aussi un mélange de plantes saharo-scindiennes dont l'aire s'étend de la côte atlantique (et parfois même des îles du Cap Vert) à l'Arabie et au Scind (et parfois à l'île de Socotra), et de plantes exclusivement afro-orientales et arabiques, comme *Talinum caffrum*, *Polygala abyssinica*, *Fagonia nummularifolia*, *Iphiona scabra*, *Anticharis arabica*, *Convolvulus glomeratus* etc.

Parmi les plantes saharo-scindiennes vivant d'un bout à l'autre du Sahara méridional et jusqu'en Arabie, on peut citer *Cleome brachycarpa*, *C. paradoxa*, *Cassia obovata*, *Indigofera semitrijuga*, *Withania somnifera*, *Ærva persica*, *Cyperus conglomeratus*, *Cymbopogon laniger*, *Sporobolus spicatus* etc.

Les massifs orientaux du Gobad et de Hanleh, qui s'élèvent de 700m à 1200m, ont une flore constituée surtout de xérophytes : grands Dragonniers (*Dracæna ombet*), Euphorbes crassulascentes, Asclépiadées cactiformes (*Caralluma retroscipiens*, *Trichocaulon somaliense* Guillaumin), des *Aloe*, *Asparagus*, *Sansevıera* etc. On signale aussi des oasis peuplées du Palmier *Hyphæne thebaica*.

([1]) *La Somalie française*, Paris, 1938.

La découverte la plus inattendue au point de vue floristique a été celle d'une forêt dense primitive, véritable relique quaternaire conservée on ne sait comment (peut-être est-ce un ancien bois sacré ?), où l'on trouve en mélange des éléments méditerranéens, des éléments afro-tropicaux, arabo-socotrens et même afro-austraux. Sa composition rappelle celle de certains sites des massifs d'Abyssinie (Harar etc.).

Cette forêt couvre une partie du massif basaltique du Mont Goudah, de 1400^{m} jusque près du sommet, qui s'élève à 1750^{m} d'altitude, à une cinquantaine de kilomètres au Nord de Djibouti. Elle atteint son épanouissement maximum au plateau de Daï (1450^{m} d'alt.), que le Gouvernement songe à aménager en parc national ou en réserve naturelle intégrale. La chose en vaudrait la peine, car nulle part sans doute, depuis la Méditerranée orientale jusqu'au cœur de l'Afrique orientale il n'existe de vestige comparable d'une forêt-relique s'étant maintenue malgré l'assèchement progressif du climat et les dévastations humaines qui se poursuivent depuis l'antiquité. Elle couvre à peine quelques kilomètres carrés d'étendue et elle est des plus fragiles; aussi la moindre attaque risque-t-elle de l'anéantir.

« Cette forêt » écrit Aubert de la Rüe « est dense, avec des troncs d'arbres moussus, d'où pendent des lichens; elle ne donne pas cependant du tout l'impression d'humidité. Le sous-bois, encombré d'arbres morts déracinés ou cassés par les coups de vent, est assez touffu par endroits, avec diverses espèces d'arbrisseaux et de plantes buissonneuses; il apparaît relativement clair par ailleurs avec de jolis parterres de fleurs aux couleurs vives où le jaune domine. On y voit aussi des fougères variées. » De remarquables photographies en ont été prises.

Bien, semble-t-il, qu'il n'y pleuve pas beaucoup plus souvent qu'à Djibouti, l'eau sourd en de nombreux points, la montagne étant souvent environnée d'un brouillard épais donnant lieu à des condensations nocturnes. Grâce aux collections qui en ont été rapportées, nous pouvons donner un inventaire de cette forêt. Les arbres les plus fréquents et les plus élevés sont : *Juniperus procera* Hochst. (*Zerida* en çomali), qui s'élève jusqu'à 20^{m} de haut et s'étend depuis l'Érythrée jusqu'au Nyassaland, toujours sur les montagnes; plusieurs espèces de grands *Ficus* (*F. Sycomorus* L., *F. ingens* Miq., *F. discifera* Warb., *F. populifolia* Vahl., *F. salicifolia* Vahl.); un Olivier d'Abyssinie (*Olea chrysophylla* Lamk.), un grand Buis (*Buxus Hildebrandtii* Baill.), deux Sapotacées, un *Mimusops* et un *Sideroxylon* inédit, une Combrétacée (*Combretum trichanthum* Fres.).

Les arbustes sont nombreux. Nous ne pouvons en citer qu'une partie : *Delonix elata* (L.) Gamble, *Doberia coriacea* DC., *Cluytia abyssinica* Jaub. et Spach, *Euphorbia cuneata* Vahl., *Carissa edulis* Vahl., *Acocanthera Schimperi* var. *Deflersii* (Schwft.) Stapf, *Coleus rupestris* Hochst., *Capitanya otostegioides* Gurke, *Ruttya fruticosa* Lindau, *Euryops Hildebrandtii* Mattf.

Il nous faut aussi mentionner un grand et beau Palmier unicaule, à feuilles flabelliformes et dont le stipe s'élève jusqu'à 20^{m} de haut.

C'est, d'après les photographies rapportées, un *Medemia*, rappelant par son port *M. argun* P. G. de Wurtemberg, de la Nubie. On y observe aussi trois lianes, *Clematis grata* Wall., *Clerodendron Neumeyeri* Vatke et *Dolichos pseudo-pachyrrhizus* Harms.

Parmi les plantes herbacées les plus remarquables, citons *Matthiola elliptica*, *Geranium favosum*, *Trigonella hamosa*, *Pentanisia longituba*, *Achyrocline glumacea*, *Amberboa abyssinica*, *Nidorella vernonioides*, *Scrophularia arguta*, *Commelina cordifolia*, *Pennisatum setaceum* etc., et même des représentants de la flore d'Europe, comme *Anagallis arvensis*, *Trifolium agrarium*, deux *Galium* voisins de *G. aparine*, *Vulpia sciuroides*.

Sous les arbres et dans les ravins vivent quelques fougères, déterminées par Mme M. L. Tardieu-Blot, *Adiantum Capilus-veneris* L., *A. Balfouri* Baker, *Onychium melanolopis* Kze. (= *A. thalictroides* Willd.), *Cheilanthes coriacea* Dce., *C. pteridoides* C. Christ., *Asplenium præmorsum* Sw., *Ceterach officinarum* L., *Actinopteris australis* Link. De grands Lichens du genre *Usnea* pendent de tous les arbres.

Cette flore montagnarde est des plus archaïques; certains de ses représentants vivent les uns sur les montagnes de la Somalie italienne, de l'Abyssinie et de l'île de Socotra, les autres sur les sommets de l'Erythrée et de l'Arabie. Il est désirable de mettre le Mont Goudah en réserve le plus tôt possible pour conserver ce rare témoin d'une flore en partie éteinte. Il nous donne un aperçu de ce que devait être la végétation des montagnes du Sahara et de l'Arabie avant la dégradation complète du climat et la destruction des forêts accomplie par l'homme depuis des millénaires.

ENTOMOLOGIE. — *Sur les agents de formation des dispositifs de capture chez les hyphomycètes prédateurs de Nématodes.* Note de MM. **Emile Roubaud** et **Robert Deschiens.**

Les travaux de Ch. Dreschler (1) et de J. Comandon et P. de Fonbrune (2) ont montré que l'eau ayant été en contact avec des Nématodes susceptibles de provoquer l'apparition de dispositifs capteurs chez certains hyphomycètes prédateurs, pouvait déterminer le développement des organes pièges. Nous avons constaté qu'un certain nombre de liquides organiques et de produits d'origine animale, très différents par leur origine spécifique ou tissulaire, possédaient également cette propriété vis-à-vis des hyphomycètes prédateurs de Nématodes des genres *Arthrobotrys*, *Dactylella* et *Dactylaria*.

Certaines remarques préalables doivent être faites relativement à la formation des organes de capture chez ces champignons. Dans les cultures sur gélose, les champignons des genres *Arthrobotrys*, *Dactylella* et *Dactylaria* peuvent former spontanément de très rares pièges (2 à 3 par boîte de Petri de 10^{cm} de diamètre avec *D. bembicodes*), aussi ne doit-on considérer comme facteurs de formation de pièges que les agents dont l'addition provoque l'apparition d'un nombre de pièges nettement supérieur à ceux qui peuvent se former spontanément; 10 pièges, par exemple, par boîte de Petri de 10^{cm} de diamètre pour *D. bembicodes*.

Ce nombre des pièges peut être exprimé par les symboles + (10 à 20 pièges), ++ (20 à 50 pièges), +++ (50 à 100 pièges), ++++ (au-dessus de 100 pièges).

En outre, certaines bactéries ayant également la propriété de provoquer la formation d'appendices capteurs, il y a lieu d'en tenir compte lorsqu'on étudie l'action de produits non bactériologiquement stériles sur le développement des pièges mycéliens. Ajoutons que les dispositifs de capture apparaissent en 24 à 48 heures, l'acmé se situant le 3e ou le 4e jour suivant l'action provoquante.

Ces remarques préliminaires étant faites, les produits que nous avons utilisés dans nos recherches peuvent être répartis en deux catégories :

(1) *Mycologia*, **29**, 1937, p. 447.
(2) *C. R. Soc. Biol.*, **129**, 1938, p. 619.

a. produits bactériologiquement stériles; *b*. produits non bactériologiquement stériles.

Les différents produits considérés ont été mis en contact avec les champignons prédateurs par le procédé des plaques de gélose à logettes humides que nous avons décrit antérieurement ([3]). Dans la catégorie des produits bactériologiquement stériles, le sérum humain normal (3 échantillons) provenant d'individus non infestés par des helminthes a provoqué la formation de très nombreux dispositifs capteurs (++++), l'urine humaine normale donne une réaction positive (+) faible, le sérum normal de lapins (2 échantillons) non infestés par des helminthes (contrôle par autopsie) a provoqué une réaction positive (+), le sérum humain de malades atteints de filariose à *Loa loa* (Guyot 1778) (3 échantillons) une réaction forte (+++), le sérum de singes Cynocéphales du genre *Papio* (2 échantillons) présentant une infestation à Nématodes du genre *Strongyloïdes*, une réaction forte (+++). Le liquide cœlomique de *Parascaris equorum* (Goeze 1782), syn. *Ascaris megalocephala*, a provoqué une réaction extrêmement intense (+++++). Le blanc d'œuf, l'eau distillée, l'eau physiologique ont été sans action.

Dans la catégorie des produits non bactériologiquement stériles, deux groupes doivent être distingués. Un premier groupe comprend des matériaux lavés et pratiquement indemmes de bactéries, le second concerne des produits riches en bactéries diverses.

Dans le premier groupe, le produit de broyage de *Parascaris equorum* a donné une réaction positive (++), l'extrait aqueux de *Trichuris trichiura* (Linné 1771) une réaction positive (++), l'extrait aqueux d'un trématode du papion, *Watsonius* sp., une réaction positive faible tardive (+), l'extrait aqueux de *Tænia saginata*, Goeze 1782, une réaction forte (+++).

En ce qui concerne les matériaux riches en bactéries diverses, nous avons fait les constatations suivantes : l'extrait aqueux de ver de terre *Lumbricus rubellus* provoque une réaction forte (++++), le produit de broyage de larves de Culicidés une réaction moyenne (++), le produit de broyage de nymphes de Culicidés une réaction faible assez tardive (+), la présence de nymphes de Culicidés vivantes une réaction faible tardive. Le produit de broyage de pupes de Muscidés détermine une réaction forte (+++), l'extrait fécal humain normal (3 échantillons) une

([3]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 245.

réaction intense (++++), l'extrait fécal de singe Cynocéphale du genre *Papio* (3 échantillons) une réaction forte (+++), l'extrait fécal de lapins non infestés d'helminthes une réaction positive (+).

Les faits relatés dans cette Communication montrent que la formation d'appendices capteurs chez les hyphomycètes prédateurs de Nématodes apparaît comme une réaction *générale* de ces organismes, à l'égard de substances ou d'agents biologiques très répandus dans la nature. L'apparition des appendices peut être provoquée par des liquides organiques normaux de mammifères, d'Annélides et de Nématodes, ainsi que par des extraits de Trématodes, de Cestodes, d'Annélides, de Nématodes et d'Insectes.

Le fait que les sérums normaux et les extraits fécaux normaux de mammifères provoquent l'apparition de nombreux pièges chez les champignons prédateurs écarte la possibilité d'un diagnostic éventuel des Helminthiases par l'action de sérums ou d'extraits fécaux pathologiques sur les champignons prédateurs.

PHYSICOCHIMIE. — *Sur le durcissement structural des alliages aluminium-argent riches en aluminium.* Note [1] de MM. **Léon Guillet** et **Léon Guillet** fils.

D'après le diagramme d'équilibre donné par Hansen [2], la solubilité de l'argent dans l'aluminium à l'état solide est de 48 % en poids à 558° C. et de 0,25 % à 200° C. Les alliages aluminium-argent riches en aluminium, trempés à partir d'une température élevée, sont constitués par une solution solide sursaturée en argent; ils laissent déposer, par revenu, l'argent de sursaturation sous la forme d'une phase γ contenant 85,7 % d'argent en poids.

Nous avons étudié cette précipitation, pour diverses températures de revenu, au moyen de la micrographie, de la diffraction des rayons X et par des mesures de dureté.

Les essais ont porté sur trois alliages à 10,83, 19,67 et 29,62 % d'argent *d'une grande pureté*. Ces alliages étaient préparés à partir d'aluminium

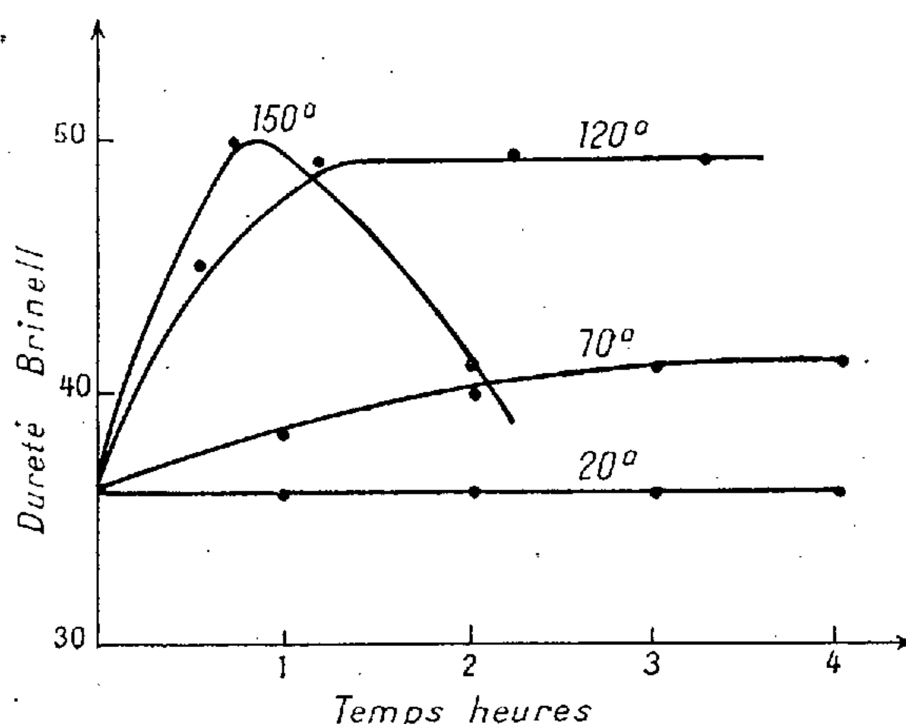
(1) Séance du 3 juillet 1939.

(2) *Z. für Metallkunde*, **20**, 1928, p. 217-222.

bi-raffiné et d'argent-vierge, fondus au four électrique dans des creusets en graphite, coulés en coquille sous la forme de barreaux cylindriques de 30^{mm} de diamètre, recuits 100 heures à 500° et refroidis très lentement. Les alliages les plus riches en aluminium étaient malléables et pouvaient être facilement laminés, puis étirés à température ordinaire jusqu'à 5^{mm} de diamètre sans recuit intermédiaire.

Les barrettes ainsi préparées étaient chauffées 1 heure à 550° et trempées à l'eau; les revenus étaient effectués à des températures croissantes de 20 à 150°C. Les examens aux rayons X ont été faits par M. le Professeur Trillat sur poudre fine enfermée dans un sac très mince de collodion, suivant la technique habituelle de Debye-Scherrer pour obtenir des raies homogènes et supprimer les phénomènes d'orientation, en utilisant le rayonnement $K\alpha$ du cuivre ($\lambda = 1,54$ Å) monochromatisé par filtre de nickel.

La figure montre l'influence de la température et du temps de revenu



sur la dureté Brinell (bille de 2^{mm} de diamètre, charge 10^{kg}) d'un alliage contenant 10,83 % d'argent laminé et étiré. A 20°C., la dureté n'a subi aucun changement après 120 heures de revenu; la dureté maxima est atteinte à 150°C. après 45 minutes de revenu.

Les courbes relatives aux alliages plus chargés en argent sont analogues; lorsque la teneur en argent croît, elles se déplacent vers l'origine, les maximums de dureté étant obtenus pour des temps de revenu plus faibles. Voici les chiffres obtenus sur deux alliages non laminés :

Dureté Brinell (bille de 10^{mm}; charge 500^{kg}).

Teneur en argent % (en poids).	État		État trempé et revenu	
	recuit.	trempé.	30 min. à 150°.	45 min. à 150°.
10,83	35	38	51	41
29,62	44	78	90	68

L'examen micrographique ne permet de déceler une précipitation que lorsque le temps de revenu nécessaire pour obtenir le maximum de dureté a été nettement dépassé. La nouvelle phase se dépose d'abord le long des joints des grains de la solution solide sursaturée.

L'examen aux rayons X montre que les alliages trempés et revenus dans les limites de temps et de températures étudiées ne contiennent pas la phase γ, mais une phase intermédiaire sur la nature de laquelle il est difficile de se prononcer, fait à rapprocher des résultats obtenus par Fink et Smith ([2]) pour les alliages aluminium-magnésium, et par Wassermann ([3]) pour les alliages aluminium-cuivre. Au cours du revenu, dès que le maximum de dureté a été atteint, les distances réticulaires de la solution solide sursaturée diminuent nettement, ce qui prouve que la teneur en argent de cette solution décroît. Enfin, dans les alliages recuits à 550°, on trouve les raies caractéristiques de la phase γ (à l'exception d'une seule) avec des rapports d'intensité à peu près respectés, en accord avec le diagramme d'équilibre proposé par Hansen.

M. **Emile Forgue**, par l'organe de M. **A. Gosset**, fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage qu'il vient de publier en collaboration avec M. **A. Aimes**, sous le titre, *Les « pièges » de la chirurgie en diagnostic et thérapeutique. Erreurs et fautes ou faits présumés tels. Conditions et limites de la responsabilité.*

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de la Défense nationale et de la Guerre** invite l'Académie à désigner deux de ses Membres, qui feront partie du *Conseil de Perfectionnement de l'École Polytechnique* pour l'année scolaire 1939-1940.

([2]) *Am. Inst. of Min. and Metal Eng. Technical Publication*, 760, 1936.
([3]) *Z. für Metallkunde*, 30, 1938, p. 62-67.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Bibliography of the Larvae of Decapod Crustacea*, by Robert Gurney.

2° *The Comity of Spiders*, by William Syer Bristowe. Volume I.

3° Francesca Antonibon. *Le relazioni a stampa di ambasciatori veneti.*

4° Une série de publications et de cartes du Service Hydrographique de la Marine.

5° Bureau Hydrographique international. *Carte générale bathymétrique des Océans*. Troisième édition de la feuille B_{IV}, avec *Notice*.

GÉOMÉTRIE ALGÉBRIQUE. — *Sur la jacobienne d'un système de Pfaff.* Note de M. **Max Eger**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Étant donné, sur une variété algébrique V_n à n dimensions, sans singularités, un système de Pfaff ($\lambda \leq n-1$)

$$(1) \qquad \omega_0 = 0, \qquad \omega_1 = 0, \qquad \ldots, \qquad \omega_\lambda = 0,$$

où les formes différentielles ω_i sont des formes rationnelles du point de V_n, on peut appeler *variété jacobienne* du système (1) le lieu des points où les formes ω_i ne sont plus linéairement indépendantes, c'est-à-dire le lieu des points où le produit extérieur $\Pi = [\omega_0 \omega_1 \ldots \omega_\lambda]$ est identiquement nul.

Je désignerai cette variété jacobienne par la notation $\{\omega_0 \omega_1 \ldots \omega_\lambda\}$ ou simplement par $\{\Pi\}$.

D'après les hypothèses faites, $\{\Pi\}$ est une variété algébrique de dimension au moins égale à λ et en général égale à ce nombre. De plus, pour un choix arbitraire des ω_i, $\{\Pi\}$ est dépourvue de points doubles. En effet en un point M de $\{\Pi\}$ il existe des coefficients a_i non tous nuls tels que la forme $\omega = \Sigma a_i \omega_i$ soit $\equiv 0$ en M, et les formes ω_i ont en M un espace linéaire d'éléments intégraux communs de dimension $n-\lambda$, soit $[n-\lambda]$. Si je désigne par K le cône tangent en M à la forme ω, il est facile de montrer que le $[\lambda]$ tangent à $\{\Pi\}$ en M n'est autre que l'espace polaire conjugué du $[n-\lambda]$ par rapport à K. Pour que ce $[\lambda]$ soit indéterminé, il faut et il suffit que K soit spécialisé, une de ses génératrices doubles étant située dans le $[n-\lambda]$. Ceci exige au moins $\lambda+1$ conditions et ne peut être satisfait en général par un point de $\{\Pi\}$.

2. Les formes de Pfaff considérées dans la suite seront des *formes*

permises, c'est-à-dire des formes telles que toute variété polaire Ω à $n-1$ dimensions de ω soit *une intégrale* de $\omega=0$.

Lemme I. — Si en un point O de Ω le $[n-1]$ tangent à Ω est $x_1=0$, de sorte que la forme $\Theta=x_1^k\omega$ soit régulière en O, pour que ω soit permise il faut et il suffit que $[dx_1\Theta]$ soit nul en O, ce que nous écrirons $[dx_1\Theta]\simeq 0$.

En effet, $x_1=0$ est alors une intégrale de $\Theta=0$ au point O.

Conséquence. — Une forme différentielle exacte est permise, car de $\omega=\theta/x_1^k$, on tire par dérivation extérieure

$$\omega'=\frac{\theta'}{x_1^k}-\frac{k}{x_1^{k+1}}[dx_1\theta]\equiv 0,$$

ou $x_1\theta'-k[dx_1\theta]\equiv 0$ et en O $[dx_1\theta]\cong 0$.

Plus généralement une forme admettant un facteur intégrant μ, non nul en O, est permise.

Lemme II. — Avec les hypothèses du lemme I on peut écrire ω, au voisinage de O, sous la forme

$$\omega=\frac{1}{x^{k-1}}\left[K_1\frac{dx_1}{x_1}+\psi\right], \tag{2}$$

ψ ne contenant pas dx_1 et étant régulière en O.

En effet, si je pose $\theta=K_1\,dx_1+K_2\,dx_2+\ldots+K_n\,dx_n$, j'ai

$$[dx_1\theta]=K_2[dx_1\,dx_2]+\ldots+K_n[dx_1\,dx_n].$$

Donc les K_i pour $i\geqq 2$ sont nuls en O et l'on peut poser

$$K_2dx_2+\ldots+K_ndx_n=x_1\psi.$$

Ce qui démontre le lemme.

Plus généralement si Ω est une variété polaire de ω, intersection de p hypersurfaces polaires non tangentes, et si les $[n-1]$ tangents à ces variétés ont pour équation en O, $x_1=x_2=\ldots=x_p=0$, alors on peut écrire ω au voisinage de O

$$\omega=\frac{1}{L^{k-1}}\left[K_1\frac{dx_1}{x_1}+K_2\frac{dx_2}{x_2}+\ldots+K_p\frac{dx_p}{x_p}+\psi\right], \tag{3}$$

L étant une forme linéaire en x_i, les k_i n'étant pas tous nuls en O, et ψ étant une forme différentielle en $dx_{p+1}, \ldots, dx_n$, régulière en O.

3. L'intérêt des formes permises réside dans le théorème suivant, conséquence de la forme (3) de ω. Soient F une forme différentielle de degré k et Ω une variété polaire de ω, forme permise.

Considérons les variétés jacobiennes suivantes : $J = \{\omega F\}$; $W = \{F\}_\Omega$, c'est-à-dire la jacobienne de la trace de F sur Ω. Ces variétés sont liées par le théorème fondamental :

THÉORÈME. — *L'intersection de* J *et de* Ω, *soit* (J, Ω), *est formée de* W. On a donc la relation

$$(\{\omega F\}, \Omega) = \{F\}_\Omega. \tag{4}$$

En effet, désignons par φ la forme entre crochets du second membre de (3). En un point de $\{\omega F\}$ on a $[\varphi F] = 0$, et par suite $\{\omega F\} = \{\varphi F\}$.

Faisons le changement de variables $x_1 = e^{\xi_1}$, $x_2 = e^{\xi_2}$, $\ldots$, $x_p = e^{\xi_p}$, les autres x_i étant inaltérés. On a $dx_1 = x_1\, d\xi_1$, et φ se transforme en

$$\bar{\varphi} = K_1\, d\xi_1 + K_2\, d\xi_2 + \ldots + K_p\, d\xi_p + \psi.$$

F devient de même une forme $\bar{F}$, qui en O est obtenue de F en y faisant $x_1 = x_2 = \ldots = x_p = 0$ et $dx_1 = dx_2 = \ldots = dx_p$, *c'est-à-dire* $\bar{F}$ *n'est autre que la trace de* F *sur* Ω.

Pour que $O \subset J$, il faut et il suffit que

$$[\bar{\varphi} F] = [K_1\, d\xi_1 + \ldots + K_p\, d\xi_p + \psi, \bar{F}] = 0.$$

Or ψ et $\bar{F}$ ne dépendent pas des $d\xi_i$, et les termes contenant un $d\xi_i$ sont ceux du produit $K_i[d\xi_i \bar{F}]$; comme les K_i ne sont pas tous nuls, il faut que $\bar{F} = 0$, c'est-à-dire que $O \subset W$. La réciproque est d'ailleurs évidente.

Dans une prochaine Note, nous verrons comment les jacobiennes d'un système de formes permises s'expriment au moyen des variétés canoniques de V_n et des variétés polaires Ω.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries simples et doubles asymptotiques de Dirichlet.* Note [1] de M. **Juan-Carlos Vignaux**, transmise par M. Émile Borel.

1. Nous dirons que $f(z)$ admet pour $z \to \infty$ le développement asymptotique (D)

$$f(z) \sim \sum_1^\infty \frac{a_n}{n^z} \qquad (z = x + iy),$$

(1) Séance du 17 avril 1939.

si l'on a les relations

$$\lim_{z \to \infty} \left[n^z \left(f(z) - \sum_{\nu=1}^{n} \frac{a_\nu}{\nu^z} \right) \right] = 0 \qquad (n = 1, 2, 3, \ldots).$$

L'algorithme de Stieltjes ([2]), fournissant le développement asymptotique en série de puissances, est susceptible de généralisation à un développement (D).

Nous obtenons les propriétés suivantes :

I. *Si une fonction $f(z)$ a un développement asymptotique* (D), *celui-ci est unique.*

Supposons que l'on ait

$$f(z) \sim \sum_1^\infty \frac{a_n}{n^z}, \qquad g(z) \sim \sum_1^\infty \frac{b_n}{n^z},$$

alors on a

II. $$f(z) \pm g(z) \sim \sum_1^\infty \frac{a_n \pm b_n}{n^z},$$

III. $$f(z)\, g(z) \sim \sum_1^\infty \frac{c_n}{n^z}, \qquad \text{avec} \quad c_p = \sum_{p=rs} a_r b_s \qquad (p = 1, 2, 3, \ldots),$$

IV. $$\frac{f(z)}{g(z)} \sim \sum_1^\infty \frac{d_n}{n^z},$$

les d_n se calculant moyennant les équations

$$a_p = \sum_{rs=p} b_s d_r \qquad (p = 1, 2, 3, \ldots).$$

V. *Si l'on a*

$$f(z) \sim \sum_2^\infty \frac{a_n}{n^z},$$

donc

$$\int_z^\infty f(z)\, dz \sim \sum_2^\infty \frac{a_n}{\log n} \frac{1}{n^z}.$$

([2]) E. Borel, *Leçons sur les séries divergentes*, 2e éd., Paris, 1938, p. 24.

VI. *Si la fonction $f(z)$ et sa dérivée admettent les développements*

$$f(z) \sim \sum_{2}^{\infty} \frac{a_n}{n^z}, \qquad f'(z) \sim \sum_{2}^{\infty} \frac{b_n}{n^z}, \tag{1, 2}$$

alors la série (2) *est la série dérivée de* (1).

2. La fonction $f(z)$ admet le développement asymptotique (D, λ_n) si

$$\lim_{z \to \infty} \left[e^{\lambda_n z} \left(f(z) - \sum_{0}^{n} a_i e^{-\lambda_i z} \right) \right] = 0 \qquad (n = 0, 1, 2, \ldots),$$

$\{\lambda_n\}$ étant une suite croissante de nombres réels. L'algorithme de Stieltjes, ainsi que les propriétés II, IV, V et VI, s'étend à ce développement.

VII. *Si*

$$f(z) \sim \sum_{0}^{\infty} a_n e^{-\lambda_n z}, \qquad g(z) \sim \sum_{0}^{\infty} b_n e^{-\lambda_n z},$$

l'on a

$$f(z)\, g(z) \sim \sum_{0}^{\infty} c_n e^{-\lambda_n z} \qquad (\lambda_{n+1} < n \lambda_n),$$

c_n *étant le terme général de la série produite* [*Dirichlet* (³)].

La définition suivante de développement (D, λ_n) (⁴)

$$\lim_{z \to 0} \left[z^{\alpha_{n+1}} \left(f(z) - \sum_{\nu=0}^{n} a_\nu z^{\alpha_n} \right) \right] = 0 \qquad (n = 0, 1, 2, \ldots);$$

permet d'étendre un théorème classique de M. Borel généralisé par M. J. Carleman (⁵).

3. Nous allons maintenant généraliser la notion même de série double asymptotique (D, λ_m, μ_n), à savoir

$$f(x, y) \sim \sum_{0}^{\infty} \sum_{0}^{\infty} a_{m,n} e^{-\lambda_m x - \mu_n y}.$$

(³) G. Valiron, *Mémorial des Sc. Math.*, n° 17, Paris, 1926, p. 29.

(⁴) G. Doetsch, *Journ. f. d. reine u. angew. Math.* (Crelle), 167, 1932, p. 285; V. Bernstein, *Séries de Dirichlet*, Paris, 1933, p. 294.

(⁵) *Les fonctions quasi analytiques*, Paris, 1926.

si

$$\lim_{(x,y)\to\infty}\left[e^{\lambda_m x+\mu_n y}\left(f(x,y)-\sum_{i=0}^{m}\sum_{j=0}^{n}a_{ij}e^{-\lambda_i x-\mu_j y}\right)\right]=0 \qquad (m, n=0, 1, 2, \ldots),$$

les propriétés données pour le cas d'une variable s'étendent au cas des deux variables.

Le théorème de Borel-Carleman est susceptible de se généraliser au développement asymptotique (D, λ_m, μ_m).

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Statistiques de corpuscules.* Note (¹) de M. **Jules Géhéniau**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les équations du photon de L. de Broglie se généralisent aisément au cas d'un corpuscule C_n formé par la *fusion* de n corpuscules et anticorpuscules de Dirac à énergies cinétiques positives, que nous appellerons respectivement corpuscules a et corpuscules b de Dirac. Il existe également des corpuscules C_n de deux types C_n^a et C_n^b. La seconde quantification fournit une théorie des systèmes de corpuscules C_n^a et C_n^b. Nous montrons qu'en vertu de la condition : l'énergie cinétique des corpuscules a ou b ne peut prendre que des valeurs positives, *il faut adopter les relations de commutation caractéristiques de la statistique de Fermi ou de Bose selon que n est impair ou pair.*

1. *Équations du corpuscule de C_n en l'absence de champ extérieur.* — Pour un corpuscule a de Dirac, les matrices fondamentales seront les matrices $\alpha_1, \ldots, \alpha_4$ habituelles; pour un corpuscule b de Dirac, les matrices fondamentales seront $\beta_j=(\alpha_j)^*$, $\beta_4=-\alpha_4$. L'état de C_n sera représenté par 4^n fonctions $\Psi_{\mu_1,\ldots,\mu_n}(\mu_1, \ldots, \mu_n=1, \ldots, 4)$ des variables spatio-temporelles. Dans un système de coordonnées trirectangle les équations auxquelles devront satisfaire ces fonctions seront, en utilisant la notation $\times$ du produit direct,

$$(1)\qquad 1^{(1)}\times, \ldots, \times(p^\mu u_\mu^{(\gamma)}-m_0 c\,\alpha_4^{(\gamma)})\times, \ldots, \times 1^{(n)}\Psi=0,$$

où

$$u_j^{(\gamma)}=\alpha_j^{(\gamma)},\qquad u_4^{(\gamma)}=1^{(\gamma)},\qquad 2\pi i p_\mu=\frac{h\,\partial}{\partial x^\mu}.$$

(¹) Séance du 3 juillet 1939.

Les $\alpha^{(\gamma)}$ sont les matrices fondamentales relatives au corpuscule de Dirac constituant $C_{1\gamma}$; elles sont donc égales aux α ou aux β selon que $C_{1\gamma}$ est du type a ou b. Les équations (1) sont la généralisation immédiate des équations du photon de L. de Broglie. Soit

$$\Psi_{+} = a(k)\, e^{i(kx)}, \tag{2}$$

une solution plane de (1) à énergie cinétique positive; (2) représente l'état d'un corpuscule (a). On a

$$a(k) \equiv a_{\mu_1\ldots\mu_n}(k_1, k_2, k_3), \qquad (kx) \equiv k_\mu x^\mu,$$
$$k_4 = [k_j k^j + (k_0)^2]^{\frac{1}{2}}, \qquad k_0 = \frac{2\pi m_0 c}{h}.$$

En vertu de (1), les 4^n fonctions $a(k)$ s'expriment linéairement au moyen de 2^n fonctions arbitraires $A_{r_1\ldots r_n}(r_1\ldots r_n = 1, 2)$. Pour le voir, remarquons que, pour chaque γ, les équations (1) forment un système de 4 équations de Dirac. Représentons l'état d'un corpuscule C_n^b par

$$\varphi_{+} = b(k)\, e^{i(kx)}. \tag{3}$$

Ces φ_{+} satisfont par définition aux équations imaginaires conjuguées de (1). Les 4^n fonctions b s'expriment linéairement au moyen de 2^n fonctions arbitraires $B_{r,\ldots,r_n}(k)$. La solution générale de (1) s'écrit

$$\Psi = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{3}{2}}} \int [a(k)\, e^{i(kx)} + b^*(k)\, e^{-i(kx)}]\, d(k), \tag{4}$$

où l'intégration est étendue à tout l'espace des variables k_1, k_2, k_3. Enfin, la densité d'énergie $\mathcal{E}$ sera donnée par la composante $\mathfrak{T}^{44}$ du tenseur d'impulsion-énergie $\mathfrak{T}^{\alpha\beta}$

$$\mathcal{E} = \frac{c}{2} \left\{ \Psi^* p_4 \frac{1}{n} \sum_{\gamma=1}^{n} (\alpha_4^{(1)} \times \ldots \times 1^{(\gamma)} \times \ldots \times \alpha_4^{(n)}) \Psi + \text{conj.} \right\}. \tag{5}$$

En vertu de (4), (5) prendra la forme

$$\mathcal{E} = \int f(k, k', x)\, d(k)\, d(k'), \tag{6}$$

où l'intégration est étendue à tout l'espace des variables (k), (k').

2. *Seconde quantification.* — Les A, B sont maintenant des opérateurs et les A^*, B^* leurs conjugués hermitiques. L'opérateur hamiltonien H s'obtient en remplaçant dans $\mathcal{E}$ les A, ..., B^* par les opérateurs susmen-

tionnés et en intégrant dans tout l'espace des variables x^1, x^2, x^3. La fonction $f(k, k', x)$ devient alors infinie sur la droite d d'équations $k_i = k'_i$, dans l'espace des k, k', à cause de la présence des $\delta(k_i - k'_i)$ de Dirac dans les relations de commutation qui définissent les A, ..., B*. Pour faire disparaître cet infini, nous devons utiliser un alvéole (α) entourant la droite d. Alors,

$$(7) \qquad H = \int d(x) \left[\lim_{\alpha \to d} \int^{(\alpha)} f(k, k', x)\, d(k)\, d(k') \right].$$

Le calcul donnera, avec les relations de commutation *de Fermi*,

$$(8) \qquad H = \frac{hc}{2\pi} \int [A^*(k) A(k) - (-1)^n B^*(k) B(k)] k_4 d(k);$$

d'autre part, avec les relations de commutation *de Bose*,

$$(9) \qquad H = \frac{hc}{2\pi} \int [A^*(k) A(k) + (-1)^n B^*(k) B(k)] k_4 d(k).$$

En vertu de (8), (9) et de la condition mentionnée au début de cette Note, on a le résultat annoncé.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur le passage des particules à travers les barrières de potentiel coulombien.* Note de M. **Gabriel Badarau**, transmise par M. Louis de Broglie.

1. Nous avons donné (¹) la formule du coefficient de transmission d'une barrière coulombienne à l'aide des fonctions $W_{K,m}$ de Whittaker (²).

Si $2m$ n'est pas un entier positif, ce qui correspond au cas $j \neq 0$, l'équation de Whittaker admet comme solution les deux développements en série $M_{K,m}$ et $M_{K,-m}$

$$(1) \quad \begin{cases} M_{K,m} = z^{\frac{1}{2}+m} e^{-\frac{1}{2}z} \left\{ 1 + \dfrac{\frac{1}{2}+m-K}{1!(2m+1)} z + \dfrac{\left(\frac{1}{2}+m-K\right)\left(\frac{3}{2}+m-K\right)}{2!(2m+1)(2m+2)} z^2 + \ldots \right\} \\ M_{K,-m} = z^{\frac{1}{2}-m} e^{-\frac{1}{2}z} \left\{ 1 + \dfrac{\frac{1}{2}-m-K}{1!(1-2m)} z + \dfrac{\left(\frac{1}{2}-m-K\right)\left(\frac{3}{2}-m-K\right)}{2!(1-2m)(2-2m)} z^2 + \ldots \right\}, \end{cases}$$

(¹) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 1030. Les notations de cette Note sont conservées ici.

(²) Voir Whittaker et Watson, *Modern Analysis*, Chap. XVI, 4ᵉ édition.

dont l'une est régulière et l'autre non régulière à l'origine. La forme asymptotique de ces deux fonctions est donnée en fonction des expressions asymptotiques de $W_{K,m}$ et de $W_{-K,m}$.

En ce qui nous concerne, nous n'avons pas besoin de préciser les formes asymptotiques de chacune des deux fonctions $M_{K,m}$ et $M_{K,-m}$ et nous nous bornerons à écrire la forme asymptotique d'une combinaison de ces deux fonctions.

A l'extérieur du noyau, $U = 2Ze^2/r$, nous avions choisi comme solution de l'équation des ondes une combinaison de la forme

$$(2)\qquad \Psi_j = (-i)^j \sqrt{\frac{\pi}{2}}(2j+1)\frac{1}{4\,ar}[D_j W_{K,m}(z) + I_j W_{-K,m}(-z)],$$

ayant précisé que le terme en $I_j W_{-K,m}$ représente à l'infini une onde convergente. Il s'agit donc de fixer une valeur convenable pour I_j; en l'occurence normaliser l'onde incidente à l'unité. Or si $|\arg(\pm z)| < (3/2)\pi$

$$(3)\qquad W_{K,m}(z) = \frac{\Gamma(-2m)}{\Gamma\left(\frac{1}{2} - m - K\right)} M_{K,m}(z) + \frac{\Gamma(2m)}{\Gamma\left(\frac{1}{2} + m - K\right)} M_{K,-m}(z);$$

de même que, en tenant compte de la première formule de Kumer [2],

$$z^{-\frac{1}{2}-m} M_{K,m}(z) = (-z)^{-\frac{1}{2}-m} M_{-K,m}(z),$$

on a

$$(4)\qquad W_{-K,m} = \frac{\Gamma(-2m)}{\Gamma\left(\frac{1}{2} - m + K\right)} e^{i\pi\left(\frac{1}{2}+m\right)} M_{K,m}(z) + \frac{\Gamma(2m)}{\Gamma\left(\frac{1}{2} + m + K\right)} e^{i\pi\left(\frac{1}{2}-m\right)} M_{K,-m}(z)$$

ou, en posant $1/2 + m = \sigma$ et $1/2 - m = \delta$ et en désignant les coefficients successifs de $M_{K,m}$ et $M_{K,-m}$, dans les deux formules (3) et (4), respectivement par $\gamma_{-m,K}$, $\gamma_{m,K}$, $\gamma_{-K,-m}$, $\gamma_{-K,m}$, on a

$$(3\,bis)\qquad W_{K,m}(Z) = \gamma_{-m,K} M_{K,m}(Z) + \gamma_{m,K} M_{K,-m}(Z),$$

$$(4\,bis)\qquad W_{-K,m}(-Z) = \gamma_{-K,-m} M_{K,m} e^{i\pi\sigma} + \gamma_{-K,m} e^{i\pi\delta} M_{K,-m}.$$

D'autre part l'expression asymptotique de $W_{-K,m}(-z)$ est

$$W_{-K,m}(-z) = e^{\frac{1}{2}z}(-z)_K\{1 + O(z^{-1})\},$$

et par suite l'onde incidente Ψ_{inc} sera normalisée à l'unité si l'on prend

$$I_j = -\left(\operatorname{sh}\frac{\pi}{2}K_r\right)^{-1},$$

K_r étant la partie réelle de K (imaginaire pure) ([1]). En prenant donc cette valeur de I_j, la combinaison

$$\frac{1}{4ar}\left[M_{K,m}\left\{D_j\gamma_{-m,K}-\left(\operatorname{sh}\frac{\pi}{2}K_r\right)^{-1}e^{i\pi\sigma}\gamma_{-K,-m}\right\}+\left\{D_j\gamma_{m,K}-\left(\operatorname{sh}\frac{\pi}{2}K_r\right)^{-1}e^{i\pi\delta}\gamma_{-K,m}\right\}M_{K,-m}\right]$$

qui dérive de (2) en tenant compte de (3 *bis*) et (4 *bis*), sera une solution de l'équation de Schrödinger, normalisée de façon à avoir à l'infini une onde convergente d'intensité égale à l'unité.

2. Le calcul du coefficient de transmission $R_j R_j^*$, R_j étant l'amplitude de l'onde j à l'intérieur du noyau, se fait à l'aide des conditions de continuité pour $r=0$, à savoir la continuité de Ψ et de sa dérivée première. Il en résulte

$$D_j\gamma_{K,-m}-\left(\operatorname{sh}\frac{\pi}{2}K_r\right)^{-1}e^{i\pi\sigma}\gamma_{-K,-m}=-\frac{4a}{K_i^{\frac{3}{2}}}\frac{K^{\frac{3}{2}}M^{(0)}_{K,-m}\left[\frac{\partial}{\partial r}r^{-\frac{1}{2}}J\right]_{r_0}-r^{-\frac{1}{2}}J^{(0)}\left[\frac{\partial}{\partial r}r^{-1}M_{K,-m}\right]_{r_0}}{M^{(0)}_{K,m}\left[\frac{\partial}{\partial r}r^{-1}M_{K,-m}\right]_{r_0}-M^{(0)}_{K,-m}\left[\frac{\partial}{\partial r}r^{-1}M_{K,m}\right]_{r_0}}R_j,$$

$$D_j\gamma_{m,K}-\left(\operatorname{sh}\frac{\pi}{2}K_r\right)^{-1}e^{i\pi\delta}\gamma_{-K,m}=\frac{4a}{K_i^{\frac{3}{2}}}\frac{K^{\frac{3}{2}}M^{(0)}_{K,m}\left[\frac{\partial}{\partial r}r^{-\frac{1}{2}}J\right]_{r_0}-r^{\frac{1}{2}}J^{(0)}\left[\frac{\partial}{\partial r}r^{-1}M_{K,m}\right]_{r_0}}{M^{(0)}_{K,m}\left[\frac{\partial}{\partial r}r^{-1}M_{K,-m}\right]_{r_0}-M^{(0)}_{K,-m}\left[\frac{\partial}{\partial r}r^{-1}M_{K,m}\right]}R_j.$$

En éliminant D_j entre ces deux relations, on obtient une expression de R_j, l'amplitude de l'onde à l'intérieur du noyau.

3. Nous croyons que la formule du coefficient de transmission ainsi calculée à l'aide des formules développables en série est plus maniable du point de vue des évaluations numériques, malgré son apparente complexité, que celle que nous avons donnée précédemment à l'aide de fonctions intégrales $W_{K,m}$.

4. Il est à remarquer que sous cette forme le calcul n'est valable que pour les particules de moment cinétique différent de zéro.

SPECTROSCOPIE. — *Sur l'analyse spectrale des solutions métalliques.* Note ([1]) de MM. **Pierre Jolibois** et **Robert Bossuet**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons décrit ([2]) un dispositif permettant d'obtenir le spectre d'une étincelle éclatant à la surface d'une solution saline, reliée au pôle négatif

([1]) Séance du 3 juillet 1939.

([2]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1189.

d'une source continue à haute tension dans des conditions optiques, géométriques et électriques, constantes d'une expérience à l'autre. En outre, nous avions antérieurement remarqué que la présence du chlorure d'ammonium exaltait considérablement l'intensité de l'émission des raies métalliques [3].

C'est par ce procédé que nous avons étudié une série de sels métalliques différents et que nous avons pu, dans des conditions identiques, comparer les concentrations des éléments correspondant à la limite d'apparition des raies ultimes.

Le tableau suivant rend compte des résultats obtenus dans les conditions suivantes : courant 40 mA; solution AmCl N; temps de pose 5 minutes (spectrographe Féry), émulsion micro Lumière.

Élément.	Raie.	Sensibilité ultime (concentration de la liqueur en atomes/g/litre).
Lithium	4602,9	N/135
Sodium	3302,3	N/405
Potassium	4044,1 4047,2	N/405
Or	2675,9	N/32 800
Magnésium	2852,1	N/10 900
Calcium	4226,7	N/3640
Zinc	3302,5	N/135
Strontium	4607,3	N/3640
Cadmium	2288,0	N/32 800
Baryum	4554,0	N/405
Mercure	2536,5	N/3640
Étain	3009,1	N/405
Antimoine	2528,5	N/405
Plomb	3683,4	N/3640
Bismuth	2938,3	N/405
Chrome	3578,7	N/405
Manganèse	2798,2	N/10 900
Fer	3719,9	N/405
Cobalt	2424,9	N/3640
Nickel	3409,5	N/3640
Palladium	3404,6	N/32 800

Grâce à cette étude préliminaire, on peut déjà, au cours d'une analyse

(3) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1497.

qualitative ainsi effectuée, préjuger de la quantité approximative de substance contenue dans une solution ainsi étudiée.

Les spectres ainsi produits sont beaucoup moins riches en raies que ceux obtenus par l'arc ou par l'étincelle condensée. Les métaux qui donnent par cette technique les spectres les plus compliqués sont ceux du groupe VIII de la classification périodique.

Le spectre du fer nous a fourni seulement dans une solution N/405, les raies

2483,2; 2488,1; 2491,1; 2527,4; 3021,0; 3581,1; 3719,9; 3734,8; 3737,1.

Toutes ces raies correspondent à l'excitation de l'atome neutre.

Il convient d'ajouter également que ce mode d'émission des raies spectrales au moyen du courant continu est impuissant à faire apparaître les raies d'un certain nombre d'éléments comme les métalloïdes, les métaux des terres rares, le niobium et le tantale etc.

Ces observations confirment l'hypothèse émise par l'un de nous que ces spectres sont en réalité des spectres de flamme résultant de la combustion au-dessus de l'électrolyte du radical OH mis en liberté par le courant sur une tache lumineuse d'épaisseur très faible (4); dans cette dernière nous avons antérieurement mis en évidence le spectre de l'oxygène et de l'hydrogène atomiques, apparaissant d'une manière très intense. Cette tache est surmontée d'une petite flamme dont la hauteur croît avec l'intensité du courant et dans laquelle a lieu l'émission des raies étudiées plus haut.

PHOSPHORESCENCE. — *Sensibilisation du sulfure de zinc phosphorescent à l'action des rayons rouges.* Note (1) de M. **Jean Saddy**, présentée par M. Jean Perrin.

L'addition de faibles quantités de Fe dans le SZn avant la calcination en réduit considérablement la luminescence. Ce phénomène a été étudié par de nombreux expérimentateurs; il est très probablement dû à un transfert d'activation suivi d'une désactivation sans émission de lumière visible (2).

(4) *Bull. Soc. chim.*, 5, 1938, p. 1440.

(1) Séance du 3 juillet 1939.

(2) Maurice Curie et Jean Saddy, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2040.

J'ai observé que l'addition de traces de Fe produit aussi une forte sensibilisation à l'action extinctrice des rayons de grande longueur d'onde.

Les résultats suivants concernent un produit contenant 7.10^{-5}g de Cu et 5.10^{-5}g de Fe par gramme de SZn, calciné à 1000°. Malgré l'addition de Fe, ce produit s'excite encore fort bien à la lumière de Wood, mais nullement à la lumière d'une lampe à incandescence, riche en radiations rouges.

J'ai tracé les courbes de décroissance de la luminosité de ce produit, excité au préalable par l'ultraviolet, d'une part sans faire agir de rayons rouges, d'autre part sous l'action constante d'un faisceau de rayons de longueur d'onde s'étendant entre $0^{\mu},71$ et $0^{\mu},64$. J'ai étudié parallèlement un SZn au cuivre préparé dans les mêmes conditions, mais sans addition de Fe. Les mesures ont été faites avec un photomètre spécial à glazebrooks, permettant de juxtaposer parfaitement à une large plage de SZn la plage étalon à éclairement variable.

L'échantillon contenant Fe était nettement moins luminescent que celui sans Fe. Les excitations furent faites à des distances de la source ultraviolette différentes pour les deux échantillons, de manière à ce que les éclats des deux sulfures soient les mêmes dès la fin de l'excitation. Par contre l'intensité du faisceau de rayons rouges était la même pour les deux échantillons; cette insolation rouge débutait aussitôt après la fin de l'excitation et durait tout le temps des mesures.

Les quatre courbes de déclin de la luminescence, si l'on écarte les premiers instants, peuvent d'ailleurs être représentées par des formules du type d'Ed. Becquerel $\mathcal{I} = A(t+a)^{-\alpha}$, avec les valeurs suivantes pour α :

	α
SZn(Cu), décroissance normale	0,97
SZn(Cu), décroissance en présence de lumière rouge	2,15
SZn(Cu, Fe), décroissance normale	2,23
SZn(Cu, Fe), décroissance en présence de lumière rouge	2,34

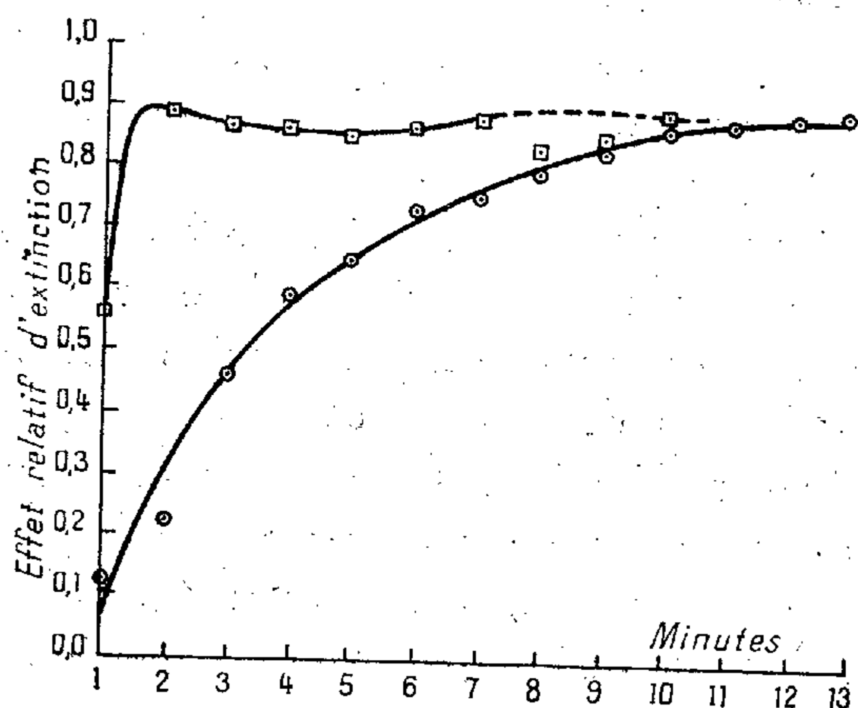
Il est à remarquer que pour les trois derniers échantillons les droites logarithmiques étaient très sensiblement parallèles.

Un tel type de formule simple masque en réalité un processus de déclin très complexe ([3]).

Ces courbes permettent de préciser la sensibilisation par Fe de l'action

([3]) Maurice Curie, *Luminescence* (*A general discussion*), *Faraday Society*, septembre 1938.

extinctrice des rayons rouges. Par exemple, dans les courbes ci-dessous, déduites des précédentes, on considère pour chaque minute l'*effet relatif d'extinction* pendant la minute venant de s'écouler, cet effet étant le



rapport de la somme de lumière qui a disparu par l'action des rayons rouges à la somme de lumière $\int \mathcal{J}\, dt$ émise sans action des rayons rouges.

Le flux de rayons rouges utilisé était assez faible, de manière à pouvoir suivre la décroissance de la luminescence pendant un temps assez prolongé. L'effet d'accélération, qui accompagne comme on le sait l'effet d'extinction, était masqué par la décroissance normale. D'ailleurs les transferts d'activation au Fe diminuent cet effet d'accélération : c'est sans doute la raison pour laquelle l'effet relatif d'extinction atteint plus rapidement sa valeur maxima que pour le produit sans Fe. Des expériences complémentaires ont montré que cette croissance s'effectuait dans les premières dizaines de secondes pour le produit au Fe, dans les conditions opératoires.

ÉLECTROLUMINESCENCE. — *Sur l'auto-absorption du spectre continu émis par un tube à xénon excité en* lumière blanche Note (¹) de M. **Marcel Laporte**, présentée par M. Charles Fabry.

Il a été indiqué (²) que l'intensité *lumineuse* du spectre continu émis par un segment d'un tube à décharge contenant du xénon excité en

(¹) Séance du 26 juin 1939.

(²) Marcel Laporte, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1559.

lumière blanche ([3]), sous une pression de quelques millimètres de mercure, est pratiquement indépendante de la direction d'émission. Cette loi suggère que les coefficients d'absorption du gaz pour ses propres radiations sont faibles, tout au moins dans le visible.

Des mesures de ces coefficients et de leur variation éventuelle avec la longueur d'onde ont paru utiles, comme susceptibles de fournir des indications sur le mécanisme de production des spectres continus : il a été construit un tube en pyrex de 10^{mm} de diamètre, contenant du xénon sous une pression de 6^{mm} de mercure; ce tube est muni de deux électrodes latérales disposées normalement à son axe, à 20^{cm} l'une de l'autre; les extrémités du tube sont sensiblement planes.

Dans une première expérience, ce tube est disposé à l'une des extrémités et perpendiculairement à l'axe d'un banc d'optique, le centre O, de la colonne éclairante du tube est placé sur cet axe; une lampe à incandescence, qui servira de terme stable de comparaison est placée à l'autre extrémité du banc; la lumière du tube et celle de la lampe sont filtrées par deux filtres identiques, dont nous supposerons qu'ils ne laissent passer qu'une bande étroite de radiations autour d'une longueur d'onde λ. On détermine la position à donner à un photomètre interposé entre les deux sources pour réaliser l'égalité d'éclairement des plages.

Si, dans cette expérience, on néglige l'absorption par le gaz, dont l'épaisseur est faible ($\leq 1^{cm}$), on peut évaluer le rapport i/I de l'intensité émise par un centimètre de tube à l'intensité de la lampe de comparaison pour la radiation de longueur d'onde λ.

On calcule en effet aisément que l'éclairement de la plage du photomètre par le tube est

$$e_1 = 2li : d_1^{-2}\left[1 + \frac{l^2}{d_1^2}\right]^{-\frac{1}{2}}, \qquad (1)$$

en désignant par l la demi-longueur de la colonne éclairante et par d_1 la distance du centre du tube au photomètre; l'éclairement dû à la lampe est $E_1 = I/D_1^2$, en désignant par D_1 la distance de la lampe au photomètre.

L'égalité réalisée des éclairements donne la valeur du rapport i/I

$$\frac{i}{I} = \frac{1}{2l}\frac{d_1^2}{D_1^2}\left(1 + \frac{l^2}{d_1^2}\right)^{\frac{1}{2}}. \qquad (2)$$

([3]) Marcel Laporte, *Journ. de Physique*, 9, 1938, p. 228.

Dans une seconde expérience, le tube est disposé de façon que son axe coïncide avec le banc photométrique (éclairage en bout); on constate que l'égalité d'éclairement des plages du photomètre est réalisée pour des distances d_2 et D_2 du tube et de la lampe.

Si l'on représente par x la distance au centre O du tube d'une tranche de gaz d'épaisseur dx et par α le coefficient d'absorption du gaz excité pour la radiation λ, on trouve que l'éclairement de la plage du photomètre par le tube est donné par

$$e_2 = i \int_0^{2l} \frac{e^{-\alpha x}}{(x+a)^2}\, dx, \tag{3}$$

en posant $a = d_2 - l$.

L'égalité réalisée des éclairements donne la relation

$$\frac{i}{I} = \frac{1}{D_2^2 \cdot \int_0^{2l} \frac{e^{-\alpha x}}{(x+a)^2}\, dx}. \tag{4}$$

En égalant les deux valeurs du rapport i/I obtenues dans les deux expériences, on obtient, pour déterminer le coefficient α, la relation

$$J(\alpha) = \int_0^{2l} \frac{e^{-\alpha x}}{(x+a)^2}\, dx = \frac{D_1^2}{D_2^2}\, 2\, l : d_1^{-2}\left(1 + \frac{l^2}{d_1^2}\right)^{-\frac{1}{2}}. \tag{5}$$

L'intégrale J du premier membre peut se calculer approximativement en remarquant que, dans les conditions expérimentales, x est assez petit devant a pour que l'on puisse négliger les termes en x_2/a_2; il est plus commode d'évaluer J graphiquement pour différentes valeurs attribuées à α et de construire la courbe $J = f(\alpha)$; la valeur de α pour laquelle J prend la valeur numérique du second membre de l'équation (5) donne le coefficient d'absorption cherché.

L'expérience, faite avec un filtre constitué par un verre rouge opaque à partir de 6000 Å, a donné les résultats suivants :

1re expér., $d_1 = 98^{\text{cm}}$; $D_1 = 102^{\text{cm}}$, 2e expér., $d_2 = 84^{\text{cm}}$; $D_2 = 116^{\text{cm}}$; $a = 74^{\text{cm}}$.

Avec ces valeurs le second membre de l'équation (5) est égal à $160 . 10^{-5}$ et la valeur de α qui donne à $J(\alpha)$ cette valeur est $\alpha = 0{,}075\ \text{cm}^{-1}$, que nous adopterons comme coefficient d'auto-absorption dans le rouge.

La détermination des coefficients d'absorption pour d'autres radiations peut s'obtenir à partir de ce résultat par une méthode de spectro-photo-

métrie photographique qui est exposée par ailleurs dans la Note ci-dessous de M. François Gans.

D'après les résultats de M. Gans, 1° le coefficient d'absorption ne varie que très lentement dans le rouge, ce qui légitime l'emploi d'un filtre non rigoureusement monochromatique tel que celui que nous avons utilisé dans ce domaine spectral; 2° le coefficient d'absorption pour la radiation de longueur d'onde 5550 Å (maximum de sensibilité de l'œil) est 0,085; ce résultat rend compte de la loi de l'indépendance de l'intensité de la lumière émise par un segment de tube avec la direction.

La composition de la lumière émise par un tube à xénon excité en lumière blanche variant avec les conditions d'excitation, précisons que tous les résultats ci-dessus sont relatifs à des décharges d'un condensateur de 0,5 μF sous 4500 volts; le gradient de potentiel dans le gaz au début de la décharge étant de 170 volts/cm.

ÉLECTROLUMINESCENCE. — *Auto-absorption du spectre continu du xénon excité en* lumière blanche; *variation du coefficient d'auto-absorption avec la longueur d'onde.* Note (¹) de M. **François Gans**, présentée par M. Charles Fabry.

On sait que les gaz rares et notamment le xénon sont susceptibles d'émettre en plus d'un spectre de raies un spectre continu intense (²).

La répartition spectrale de l'énergie de ce spectre continu dépend des conditions expérimentales d'excitation. Dans des conditions qui ont été précisées (³), cette répartition a été trouvée analogue à celle du corps noir à 3700° K.

Des expériences qualitatives très simples montrent que la répartition de l'énergie du spectre continu émis dans une direction dépend aussi de l'épaisseur du gaz excité mesurée suivant cette direction, dès que cette épaisseur cesse d'être faible ($< 2^{cm}$).

Des spectrogrammes (*fig.* 1), pris sur une même plaque, ont été obtenus en éclairant la fente d'un spectrographe avec un tube xénon (⁴), disposé, soit :

(¹) Séance du 26 juin 1939.

(²) M. Laporte, *Journ. de Physique*, 9, 1938, p. 228.

(³) F. Gans, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1009.

(⁴) Diamètre du tube 10^{mm}; pression 6^{mm} de mercure; longueur de la colonne observée 20^{cm}; champ maximum dans la colonne positive 170 v/cm.

1° normalement à l'axe de la lentille collimatrice du spectrographe (spectres 1-3-5 du cliché);

2° le long de cet axe (spectres 2-4-6), le centre de la colonne éclairante étant dans les deux cas à la même distance de la fente (80cm).

En comparant deux spectrogrammes relatifs aux deux modes d'éclairement, on remarque que si les noircissements sont sensiblement égaux dans une certaine région du spectre, ils cessent de l'être dans les régions voisines : dans les spectres 1 et 2 par exemple, l'égalité est sensiblement réalisée dans l'orangé, les noircissements sont plus faibles dans le violet pour l'éclairage par le tube en bout (spectre 2) que pour l'éclairage par le tube émettant latéralement sous faible épaisseur (spectre 1).

La comparaison des enregistrements de ces spectrogrammes au micro-

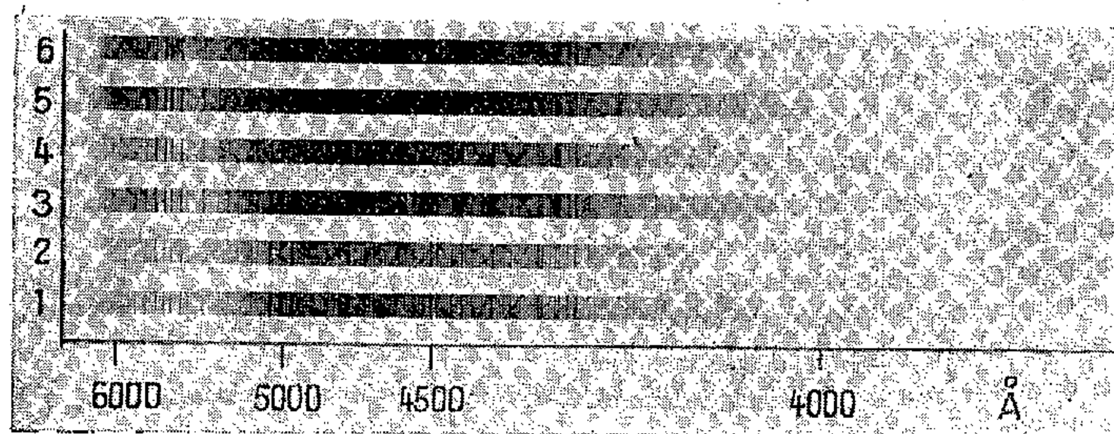


Fig. 1.

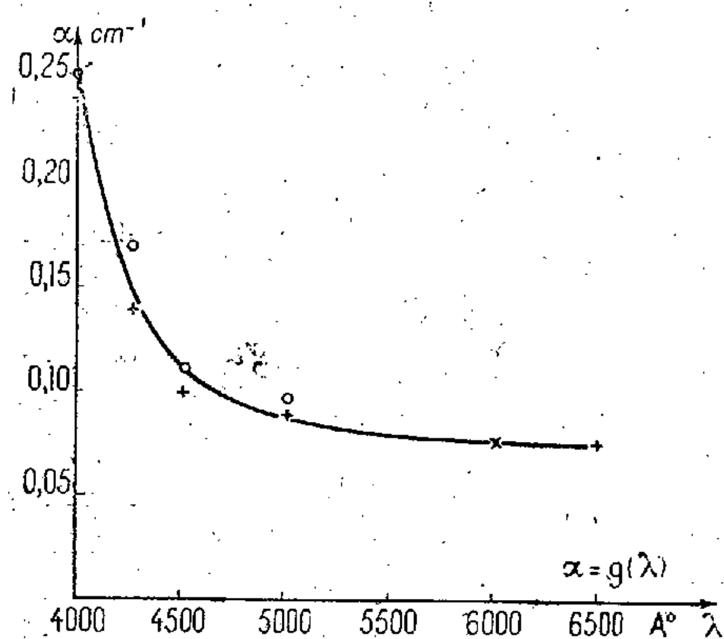


Fig. 2.

photomètre confirme que le gaz excité par la décharge absorbe ses propres radiations et que cette auto-absorption augmente quand la longueur d'onde diminue.

Dans la Note ci-dessus, M. Marcel Laporte indique une méthode de calcul, en fonction des coefficients d'auto-absorption, des éclairements e_1 et e_2 d'une plage illuminée par le tube dans les deux positions; de l'expression du rapport théorique

$$\rho(\alpha) = \frac{e_1}{e_2}, \tag{1}$$

on peut déduire la valeur du coefficient d'absorption par une mesure expérimentale du rapport des éclairements.

La présente Note a pour but de montrer comment, lorsque, pour une longueur d'onde, on connaît ce rapport ainsi que le cœfficient d'absorption

correspondant, il est possible, par une méthode de spectrophotométrie photographique, de déterminer ces quantités pour différentes longueurs d'onde.

Nous remarquons que le rapport $\rho(\alpha) = e_1/e_2$ des éclairements de la fente du spectrographe est égal à celui des éclairements de l'image de cette fente sur la plaque. En faisant croître la largeur de la fente (par exemple comme les puissances successives de 2) on obtient en éclairage latéral une série de spectres de référence; les largeurs de fente sont d'ailleurs choisies suffisamment faibles pour que la largeur de l'image de la fente reste toujours petite par rapport à la longueur totale du spectre : dans ces conditions les éclairements $\varepsilon_{1\lambda}$ (provenant du spectre continu) correspondant à une même longueur d'onde varient, sur les différents spectres, comme les largeurs de fente utilisées.

Les enregistrements au microphotomètre de ces différents spectres fournissent une famille de courbes; d'autre part l'enregistrement de l'un des spectres obtenu sur la même plaque par éclairage en bout fournit une courbe d'allure légèrement différente de celles de la famille précédente.

La comparaison de ces courbes permet de déduire par les méthodes habituelles de la photométrie photographique le rapport

$$\frac{f(\lambda)}{f(\lambda_0)} = \left(\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}\right)_\lambda : \left(\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}\right)_{\lambda_0} = \left(\frac{e_1}{e_2}\right)_\lambda : \left(\frac{e_1}{e_2}\right)_{\lambda_0}$$

pour les différentes valeurs de λ; λ_0 étant une longueur d'onde de comparaison choisie arbitrairement.

Si le rapport $e_1/e_2 = f(\lambda_0) = \rho(\alpha_{\lambda_0})$ a été déterminé pour une longueur d'onde λ_0, on en déduit $f(\lambda)$, soit $\rho(\alpha_\lambda)$, d'où α_λ.

La longueur d'onde de comparaison choisie a été $\lambda_0 = 6000$ Å, pour laquelle $\alpha_{\lambda_0} = 0{,}075\ \text{cm}^{-1}$. D'autre part $f(4000\ \text{Å})/f(6000\ \text{Å}) = 1/2$, d'où, en se reportant à la courbe $\rho = \rho(\alpha)$, $\alpha_{4000} = 0{,}24\ \text{cm}^{-1}$.

La courbe (*fig.* 2) indique la variation de α en fonction de λ. Cette courbe met en évidence :

1° la variation très lente du coefficient d'auto-absorption entre 6500 Å et 5000 Å;

2° l'augmentation très rapide pour les courtes longueurs d'onde.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Sur deux exemples remarquables de non-additivité des effets photoélectriques de flux lumineux simultanés.* Note de M. **Georges Liandrat**, présentée par M. Jean Perrin.

Si l'on fait agir, sur une cellule photoconductrice au sélénium, un flux lumineux dont l'intensité est modulée entre o et φ et qu'on isole, amplifie et mesure la partie alternative i du courant qui traverse la cellule maintenue sous une différence de potentiel donnée, on peut tracer une courbe $i(\varphi)$ que nous appellerons la caractéristique de régime modulé pur. Elle est incurvée vers le bas, si φ ne reste pas très faible, mais elle l'est beaucoup moins que la caractéristique de régime continu et ses ordonnées restent notablement plus petites, ces deux modifications s'accentuant rapidement lorsque la fréquence de modulation s'élève des basses aux moyennes fréquences musicales. Si maintenant l'on superpose au flux modulé d'intensité faible φ, un flux continu Φ intense, les ordonnées de la courbe $i(\varphi)$ sont *multipliées* par un facteur qui est fonction croissante du flux surajouté Φ. Le phénomène a été découvert par Schönwald [1]. Est-il général ou particulier au sélénium ? Il m'a paru intéressant de le rechercher, pour des raisons sur lesquelles je reviens brièvement dans le dernier alinéa de cette Note.

J'ai étudié dans ce but le comportement d'une cellule au thallofide, substance artificielle dont la composition est à peu près celle d'un oxysulfure de thallium et qui possède des propriétés photoconductrices comparables à celles de la variété métallique du sélénium : la courbure de la caractéristique statique, et l'inertie en régime variable, y sont, notamment, du même ordre. Lorsqu'on fait croître progressivement l'intensité du flux Φ, les ordonnées de la courbe $i(\varphi)$ *s'abaissent*, d'abord très vite, puis de moins en moins vite, jusqu'au quart environ de la valeur qu'elles ont en régime modulé pur; puis elles *remontent*, si l'on continue à faire croître Φ. Cela paraît indiquer la *superposition de deux effets* de sens opposés, qu'il faut essayer de modifier séparément. L'interposition d'une cuve d'eau sur le trajet du flux Φ semble faire reculer un peu le second effet par rapport au premier. Un courant d'air frais dirigé sur l'enveloppe de la

(1) *Ann. der Phys.*, 15, 1932, p. 419.

cellule agit plus nettement dans le même sens. On songe alors à remplacer l'eau par une solution de sulfate ferreux. Mais la substance photosensible est enfermée déjà dans une ampoule de verre rouge foncé qui la protège contre l'action destructive que la plus grande partie du spectre visible exercerait sur ses propriétés. Si devant ce filtre, on en place un autre, plus ou moins complémentaire, il n'est pas surprenant que l'on n'aboutisse qu'à diminuer les deux effets simultanément. Introduisant alors l'ampoule dans un manchon pourvu d'une fenêtre et rempli d'eau chaude, j'ai constaté que pour chaque valeur de φ, l'ordonnée i de la caractéristique de régime modulé pur est une fonction croissante et bien définie de la température. Elle est à peu près doublée lorsqu'on passe de 20 à 70° C.

Ne trouvant aucune mention de faits semblables dans le Mémoire de Schönwald, j'ai repris l'étude avec une cellule photoconductrice au sélénium : l'effet du flux surajouté est bien de sens opposé à celui qui se manifeste dans le cas du thollofide, et tout aussi considérable; l'influence de la température sur la sensibilité en modulé est par contre sensiblement nulle dans l'intervalle 0-70° C.

On peut essayer de partir de l'hypothèse suivante : en dépit des phénomènes *secondaires* ou prétendus tels, le comportement d'une substance photoconductrice en régime variable doit pouvoir se calculer à partir de la loi de recombinaison déduite de la forme de la caractéristique statique. On parvient à une équation différentielle dont la solution, dans le cas du régime périodique, peut être obtenue, par approximations successives, sous la forme d'une série de Fourier. L'influence du flux Φ sur la sensibilité en modulé est alors de sens négatif, mais faible et par conséquent n'explique ni l'un ni l'autre des effets observés avec les deux semi-conducteurs étudiés. On est donc obligé d'admettre qu'il apparaît dans le réseau des centres excités en nombre tel que les propriétés photoélectriques, ou bien encore les conditions de recombinaison des photoélectrons, en sont modifiées profondément. C'est peut-être tout le problème si complexe du comportement photoélectronique du sélénium qui deviendrait intelligible, si cette hypothèse pouvait être précisée. La première précision à fournir serait évidemment l'évaluation des niveaux, ou bandes de niveaux, correspondant à l'excitation. On voit maintenant l'importance du phénomène de Schönwald : il fournit un moyen de séparer les effets de deux flux dont rien n'empêche de faire varier séparément les positions spectrales. Parmi les phénomènes qui pourraient encore trouver là leur explication, signalons le

comportement des couples photoémissifs au sélénium très faiblement éclairés ([2]) et les effets non additifs de radiations différentes sur les couples à l'oxyde cuivreux ([3]).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action des rayons ultraviolets sur la nitroglycérine.* Note ([1]) de MM. **Thadée Urbanski, Wladyslaw Malendowicz** et **Kamil Dybowicz.**

Deux d'entre nous ([2]) ont examiné la marche de la décomposition de quelques explosifs sous l'action du rayonnement de l'arc au mercure.

Ils avaient trouvé que la quantité d'oxydes d'azote NO et NO^2 dégagée pendant cette décomposition s'exprime en fonction du temps d'éclairage par des courbes qui se rapprochent de droites. Une analyse plus détaillée semble montrer que ces courbes ont plutôt l'allure exponentielle; le fait est surtout visible dans le cas de la nitroglycérine.

Au cours de nouvelles recherches nous avons trouvé un fait remarquable : la nitroglycérine, après avoir été soumise au rayonnement de l'arc au mercure, même pendant un temps relativement très court, se décompose spontanément jusqu'à une certaine limite, qui dépend de l'intensité de l'action des rayons.

L'exécution des essais était la suivante. Une mince couche de nitroglycérine, généralement 3^g, était placée dans un vase cylindrique de quartz plongé presque entièrement dans l'eau d'un thermostat qui maintenait la température à $14^\circ \pm 0^\circ,5$. Le vase était soumis d'un côté au rayonnement de l'arc au mercure, système Hanau. Nous avons quelquefois intercalé un filtre laissant passer les rayons entre 3200 et 4100 Å.

Après l'action du rayonnement, le tube a été retiré du thermostat et l'on y a prélevé de temps en temps des échantillons ($0^g,25$ ou $0^g,50$) qui ont été agités avec de l'eau (25 ou 50^{cm^3}). On a déterminé le pH de l'eau où s'étaient dissous les produits de la décomposition éventuelle de l'explosif.

Voici les valeurs observées après quelques éclairages de durée variable, à la distance d, avec ou sans filtre :

([2]) H. C. Hamaker et W. F. Beezhold, *Physica*, 1, 1933, p. 119-122.

([3]) Ch. Lapicque, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1301-1302.

([1]) Séance du 3 juillet 1939.

([2]) T. Urbanski et W. Malendowicz, *Roczniki Chem.*, 18, 1938, p. 856.

Éclairage	60 min. $d = 7$ cm. sans filtre.	60 min. $d = 7$ cm. avec filtre.	30 min. $d = 8$ cm. avec filtre.	10 min. $d = 8$ cm. sans filtre.
Immédiatement après l'action de l'arc au mercure	5,62	6,86	6,80	6,24
1/2 heure après	–	–	6,88	6,14
1 heure »	5,48	6,48	–	–
3 heures »	5,43	6,40	–	–
4 » »	–	–	6,78	5,96
6 » »	5,08	6,12	–	–
10 » »	–	–	6,63	5,90
24 » »	4,32	4,66	6,57	5,70
48 » »	4,53	4,48	6,15	5,32
72 » »	4,99	5,22	5,96	5,44
120 » »	–	–	6,16	5,57
pH de l'eau	6,95	6,95	7,09	7,09

Ces résultats montrent clairement que la nitroglycérine, une fois irradiée par l'arc au mercure, se décompose spontanément peu à peu, même si l'on ne remarque pas de transformation nette aussitôt après l'éclairage. La décomposition est d'autant plus forte que l'action de la lumière a été plus accentuée. Au bout d'un certain temps (48 heures environ dans les cas envisagés) la décomposition s'arrête et l'acidité produite peut diminuer. Cette rétrogradation peut trouver son explication dans la formation d'acides organiques comme suite de réaction d'oxydation sous l'action du peroxyde d'azote.

Nous avons également examiné la résistance à la chaleur de la nitroglycérine non irradiée et irradiée (pendant 30 minutes, à la distance de 8^{cm}, à travers le filtre), et nous avons trouvé que l'explosif irradié se décomposait plus facilement.

Ainsi, la nitroglycérine étant projetée sur une plaque métallique portée à $t°$, l'explosion se produisait, pour $t = 245°$, au bout de 1,6 seconde ou de 1,1 seconde, suivant que le produit n'avait pas été ou avait été irradié; pour $t = 270°$, les retards correspondants étaient 0,4 seconde ou 0,25 seconde.

Dans l'épreuve Taliani-Goujon à 110°, la pression des produits de décomposition atteint 300^{mm} Hg au bout de 215 minutes dans le cas de la nitroglycérine non irradiée, et de 160 minutes avec le même produit irradié.

Enfin nous avons pu observer le même effet de décomposition spontanée après action des radiations de l'arc au mercure dans le cas d'autres esters nitriques explosifs, comme la nitroérythrite et la nitromannite.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les transformations des fontes austénitiques.* Note (¹) de MM. **Jean Galibourg** et **Pierre Laurent**, présentée par M. Léon Guillet.

Nous nous sommes proposé d'étudier l'influence de cycles thermiques allant de —195° à 1100°, appliqués aux fontes austénitiques dont les compositions sont données dans le tableau ci-dessous.

Désignation de la fonte.	Carbone total.	Carbone graphitique.	Silicium.	Manganèse.	Chrome.	Cuivre.	Nickel.
	%	%	%	%	%	%	%
1.....	3,012	2,33	1,97	1,58	2,51	5,23	14,86
2.....	3,00	2,47	1,95	1,00	2,20	—	20,69
3.....	3,329	2,65	1,89	8,31	—	—	10,60
7.....	2,41	2,16	1,95	1,55	—	—	32,67

Les transformations, au cours des cycles thermiques imposés, ont été suivies au dilatomètre différentiel enregistreur, muni d'un dispositif spécialement étudié pour régler à volonté la vitesse de parcours du cycle imposé.

On a déterminé les variations du module d'élasticité, de la résistance au cisaillement, à la pénétration, à la flexion statique et dynamique et de l'aspect micrographique.

Les fontes 3 et 7, à l'état brut de coulée comme après chauffage au-dessus de 850° et refroidissement rapide ou lent, sont austénitiques à la température ordinaire et restent à cet état, lorsqu'on les refroidit à —195°. Les caractéristiques mécaniques demeurent sans changement.

Les fontes 1 et 2 subissent des transformations présentant quelques particularités :

Fonte n° 2. — Partant du métal brut de coulée, austénitique, un recuit à 850° avec chauffage et refroidissement lents, à la vitesse de 80° à l'heure, ne modifie pas sensiblement les caractéristiques mécaniques ni l'aspect micrographique. Un refroidissement lent de +20° à —195° produit, à partir de — 60°, la transformation martensitique, avec forte augmentation de volume.

(¹) Séance du 3 juillet 1939.

Le métal, de retour à la température ordinaire, est magnétique.

L'examen micrographique confirme la transformation d'une partie de l'austénite en martensite. La dureté à la bille Rockwell augmente de 50 unités. La résistance à la flexion et au cisaillement croît de 75 à 100 % et le module d'élasticité s'abaisse de 9000 à 6500, en moyenne.

Par réchauffage, la martensite redonne de l'austénite à partir de 460°. Le magnétisme disparaît, le module d'élasticité et les autres caractéristiques mécaniques reviennent vers leurs valeurs initiales. *Mais l'austénite formée à partir de la martensite, garde la forme de ce constituant. De plus, le réactif d'attaque la colore rapidement et elle apparaît sous la forme d'aiguilles fortement teintées sur le fond plus clair de l'austénite primitive.*

Le même cycle de transformations se reproduit si l'on répète le cycle thermique.

Si le réchauffage au delà de 850° est suivi, non plus d'un refroidissement lent, mais d'un refroidissement rapide, par trempe à l'eau ou à l'air, la transformation martensitique ne se produit plus au refroidissement dans l'azote liquide.

Fonte n° 1. — Cette fonte se comporte en tous points comme la fonte n° 2, mais le début de la transformation martensitique, au refroidissement, est + 50°.

L'influence de la température de chauffage et de la vitesse de refroidissement, sur la disparition de la transformation martensitique au refroidissement, a été étudiée au cours d'essais résumés dans le tableau suivant :

Mode de refroidissement avant immersion dans l'azote liquide (— 195°).	Température de chauffage 850°. Fonte n° 1.	850°. Fonte n° 2.	950°. Fonte n° 1.	950°. Fonte n° 2.	1050°. Fonte n° 1.	1050°. Fonte n° 2.
Refroidissement dans le four...	magn.	magn.	magn.	magn.	magn.	magn.
Refroidissement à l'air.......	magn.	magn.	magn.	magn.	*n. magn.*	*n. magn.*
Trempe à l'eau.	magn.	magn.	*n. magn.*	*n. magn.*	*n. magn.*	*n. magn.*

magn., magnétique; *n. magn.*, non magnétique.

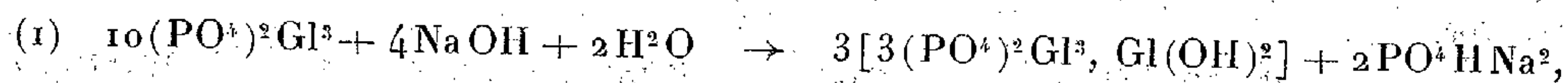
Ces austénites se comportent donc différemment, lors d'un refroidissement ultérieur dans l'azote liquide, suivant les conditions qui ont présidé à leur formation.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les phosphates basiques de glucinium et de zinc*. Note [1] de M. **Adrien-André Sanfourche**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Phosphate de glucinium. — Nous avons recherché par des méthodes analogues à celles antérieurement exposées à propos du magnésium [2] si le glucinium est susceptible de fournir un phosphate basique de composition définie pouvant être considéré comme une hydroxyapatite.

1° Le procédé consistant à traiter une solution de phosphate trisodique par une solution basique d'un sel de glucinium se présente comme particulièrement facile, vu la grande propension du glucinium à former des sels basiques solubles. A une solution de nitrate de glucinium, on ajoute de l'hydroxyde fraîchement précipité jusqu'à atteindre une teneur de 7^g GlO libre par litre; on la fait réagir sur une solution de phosphate trisodique soit dans la proportion correspondant à la formation de l'hydroxyapatite, soit en proportion trois fois plus élevée, de manière à se trouver en grand excès de glucine. Les précipités obtenus sont lavés et séchés à froid dans le vide. Ils ont alors pour composition l'un $(PO^4)^2Gl^3$, $7\,Gl(OH)^2$, $3\,H^2O$, l'autre $(PO^4)^2Gl^3$, $4{,}4\,Gl(OH)^2$, $4\,H^2O$, ce qui ne correspond à aucun composé défini, mais à de simples mélanges de phosphate neutre et d'hydroxyde.

2° La méthode de Klement [3] consiste à faire agir la soude sur le phosphate neutre jusqu'à obtention d'un composé défini, et vérifiant que celui-ci ne se modifie pas sous l'action d'un excès de soude. Nous avons utilisé un phosphate préparé par double décomposition qui, séché à froid dans le vide, a pour composition $(PO^4)^2Gl^3$, $5{,}75\,H^2O$. $2^g{,}88$ de ce produit ont été traités par la soude $0{,}1\,n$ en présence de phtaléine, à l'ébullition dans un ballon muni d'un réfrigérant à reflux. Si l'on admet la formation d'hydroxyapatite suivant



$$(1)\quad 10(PO^4)^2Gl^3 + 4NaOH + 2H^2O \rightarrow 3[3(PO^4)^2Gl^3, Gl(OH)^2] + 2PO^4HNa^2,$$

cette réaction doit consommer 36^{cm^3} de soude. Or, en ajoutant la soude par portions successives jusqu'à ce que la coloration rose persiste, on constate

(1) Séance du 26 juin 1939.
(2) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 201.
(3) *Z. anorg. Chem.*, **237**, 1938, p. 161.

que la réaction ne s'arrête qu'après en avoir consommé 180^{cm^3}, pour une durée d'ébullition de 16 heures.

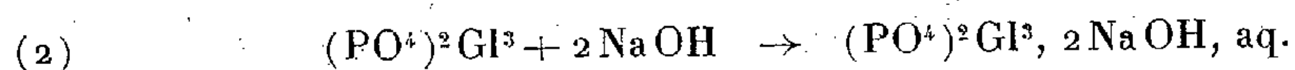
Le précipité, de structure microcristalline, est analysé après séchage à froid dans le vide; on y constate la présence de sodium, ce qui indique qu'il s'agit d'un sel double.

	I.	II.			I.	II.
P^2O^5 (%)..	42,35	42,15	soit	PO^4 (%)...	56,65	56,40
GlO......	23,25	23,10		Gl........	8,37	8,31
Na^2O.....	15,60 (par diff.)	15,60 (dosé)		Na........	11,57	11,50
H^2O......	18,80	18,80		H^2O.......	18,80	18,80
	100	99,65				

Composition.

P^2O^5, 3,11 GlO, 0,85 Na^2O, 3,5 H^2O ou $(PO^4)^2Gl^3$, 0,11 $Gl(OH)^2$, 1,70 Na^2O, 2,5 H^2O.

La basicité totale est très voisine de 8 pour $2PO^4H^3$, ce qui correspond à un sel tétrabasique de l'acide phosphorique, dont on connaît d'autres exemples; on a donc obtenu un phosphate double qui est sensiblement $(PO^4)^2Gl^3$, $2NaOH$, $2,5H^2O$, dont la réaction de formation



(2) $$(PO^4)^2Gl^3 + 2NaOH \rightarrow (PO^4)^2Gl^3, 2NaOH, aq.$$

exige cinq fois plus de soude que l'équation (1) n'en comporte, conformément à l'expérience.

L'eau de ce composé est entièrement éliminée avant 500° et ne peut être considérée comme étant de constitution.

Phosphate de zinc. — Les mêmes méthodes ont été appliquées au cas du zinc. L'oxyde de zinc dissous dans une solution concentrée de chlorure permet d'atteindre une concentration de 5^g ZnO par litre. Par réaction entre le phosphate trisodique et des volumes croissants de cette solution, on forme des précipités dont la basicité varie avec la proportion d'oxyde de zinc introduite, et qui ne sont par conséquent que des mélanges de phosphate neutre et d'hydroxyde.

La méthode par action d'une solution de soude sur le phosphate neutre a été ensuite essayée avec un corps répondant à la composition $(PO^4)^2Zn^3$, $5,5H^2O$. Cinq grammes ont été traités par la soude 0,1 *n* à l'ébullition jusqu'à ce que celle-ci ne diminue plus de titre et que la composition du précipité ne varie plus; elle est alors pour le produit séché à froid P^2O^5, $3,7ZnO$, Na^2O, $2,8H^2O$, ou $(PO^4)^2Zn^3$, $0,7Zn(OH)^2$, $2NaOH$, H^2O.

Il s'est formé un phosphate double dont la basicité totale dépasse 4; on

ne peut l'admettre comme composé défini, mais tout au plus supposer que l'on a affaire à un orthophosphate tétrabasique de zinc et de sodium, souillé d'hydroxde de zinc.

Conclusions. — Nous n'avons pas réussi à former les hydroxyapatites de glucinium et de zinc en appliquant les méthodes permettant d'obtenir les composés correspondants de lithium, calcium, strontium et magnésium. C'est un caractère de plus s'ajoutant à ceux qui contribuent à éloigner le glucinium du magnésium et des alcalino-terreux, qui l'accompagnent cependant dans le deuxième groupe de la classification périodique.

Par contact prolongé du phosphate neutre de glucinium avec une solution de soude à l'ébullition, on obtient un phosphate tétrabasique de glucinium et de sodium, de composition $(PO^4)^2Gl^3$, $2NaOH$, $2{,}5H^2O$. La même méthode appliquée au phosphate de zinc ne paraît conduire à aucun composé défini.

MÉTALLURGIE. — *Propriétés mécaniques après durcissement structural des alliages aluminium-magnésium-zinc à faible teneur en magnésium et en zinc.* Note [1] de MM. JEAN HÉRENGUEL et GEORGES CHAUDRON, présentée par M. Léon Guillet.

Nous avons déjà indiqué [2] que l'addition de faibles quantités de zinc à la solution solide aluminium-magnésium confère à celle-ci la propriété de subir par revenu un durcissement structural. Comme l'un de nous, en collaboration avec Paul Lacombe, l'a montré [3], ce durcissement est surtout mis en évidence par l'accroissement important de la limite élastique.

Dans cette Note nous étudions l'influence sur ce phénomène de la composition de l'alliage, du temps et de la température de revenu. Dans l'état trempé, le zinc a pour effet d'augmenter faiblement les caractéristiques mécaniques de la solution solide aluminium-magnésium; cette propriété permet la mise en œuvre facile de ces alliages ternaires. Le premier diagramme triangulaire de la figure 1 donne, en fonction de la compo-

(1) Séance du 3 juillet 1939.

(2) Procès-verbal de la réunion du 9 décembre 1938 de la Commission française de Corrosion de l'Aéronautique.

(3) P. LACOMBE et G. CHAUDRON, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1731.

sition, la variation de la charge de rupture de la solution solide trempée. Le second diagramme de cette figure indique la variation des caractéris-

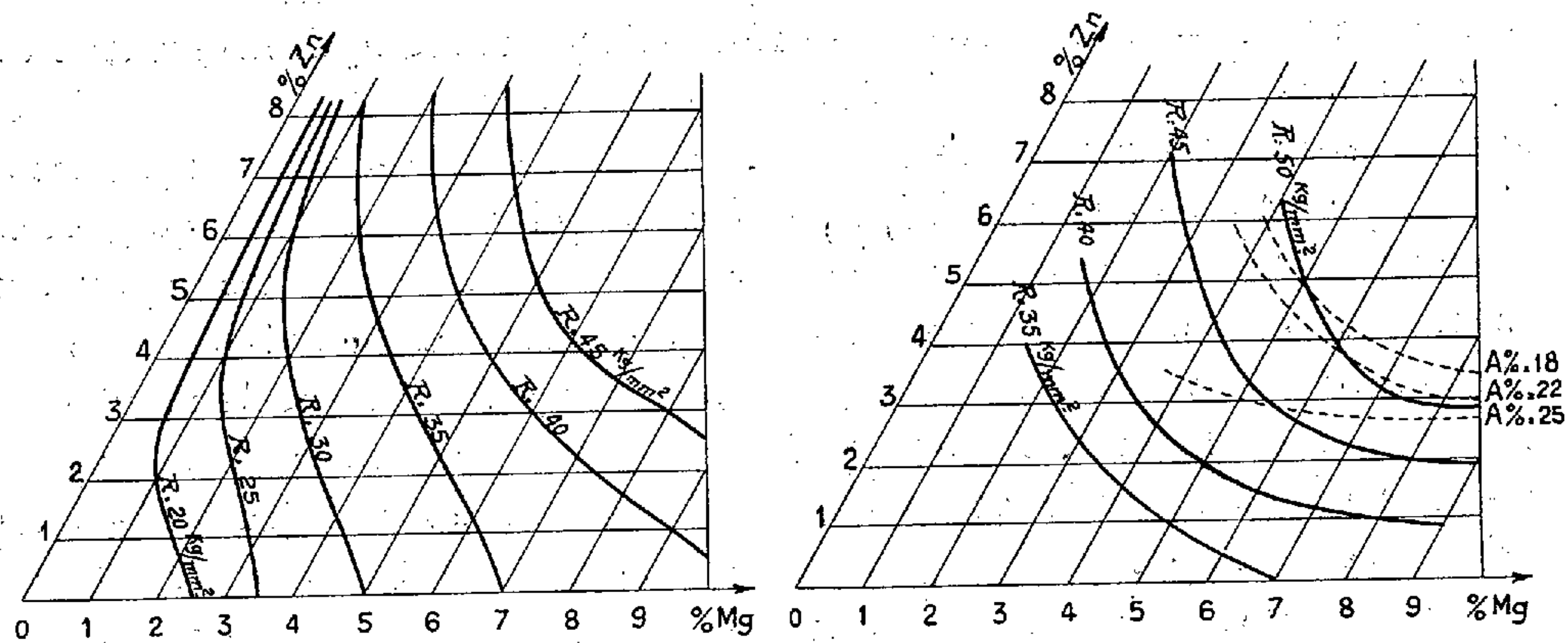
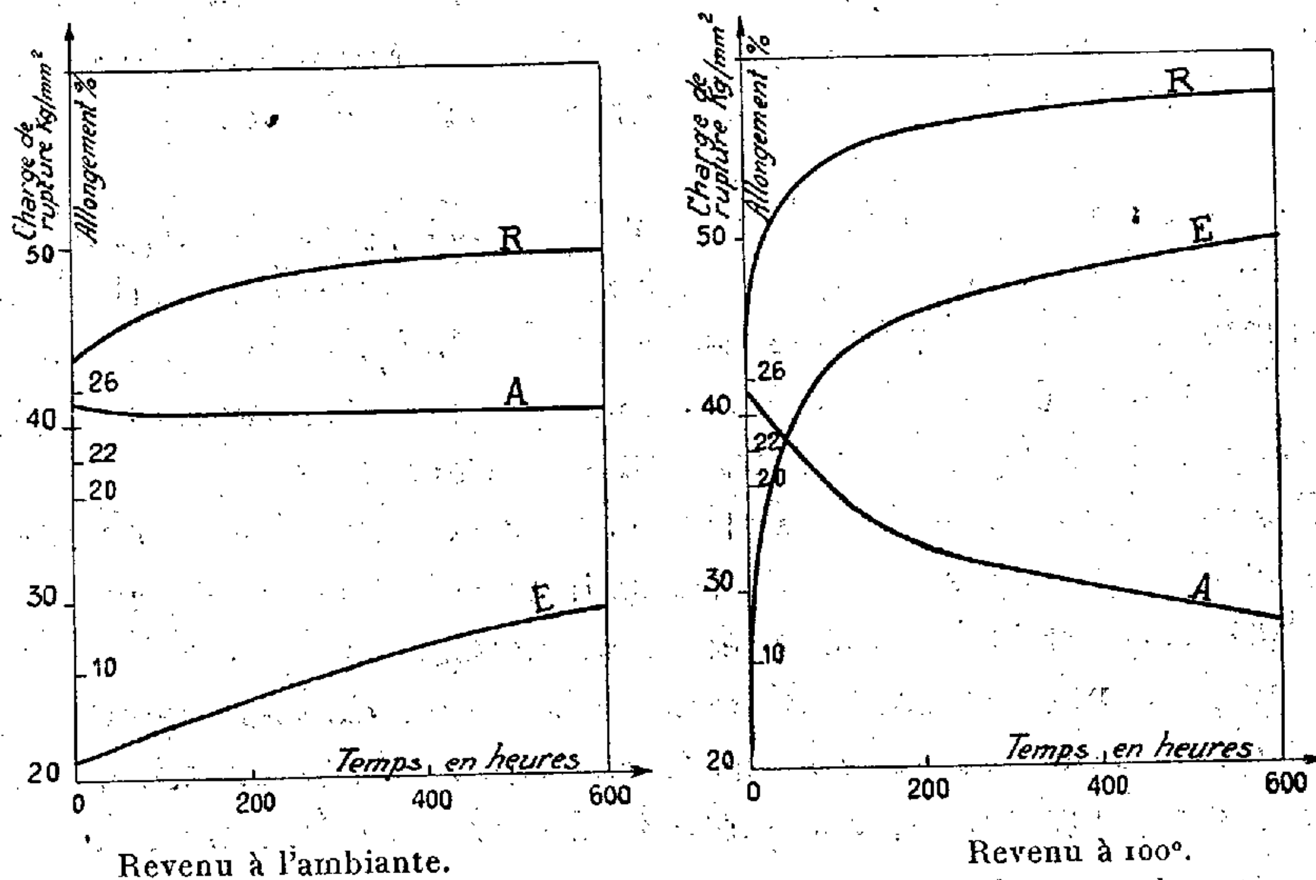


Diagramme n° 1. — Charge de rupture, mesurée immédiatement après trempe, des alliages Al, Mg, Zn corroyés.

Diagramme n° 2. — Charges et allongement de rupture des alliages Al, Mg, Zn corroyés, trempés et durcis à la température ambiante.

Fig. 1.

tiques mécaniques en fonction de la composition, mais après revenu à la température ambiante.



Revenu à l'ambiante. Revenu à 100°.

Fig. 2. — Charges et allongements de rupture en fonction du temps de revenu.

De l'examen de ces deux diagrammes on peut immédiatement déduire que des alliages contenant 6 % environ de magnésium et 3 % environ de

zinc, sont relativement mous et ductibles après trempe, mais après revenu à la température ambiante ils possèdent des caractéristiques mécaniques plus élevées que celles des alliages légers actuellement connus : par exemple 50 kg/mm² de charge de rupture, tout en conservant plus de 20 % d'allongement.

Au cours du vieillissement la charge de rupture et la limite élastique croissent en fonction du temps de revenu pendant que l'allongement de rupture décroît (voir courbes de la figure 2). L'accroissement de la température de revenu jusqu'à 150° a pour effet d'augmenter très sensiblement la vitesse d'établissement du durcissement structural et également les limites atteintes. Il est important de remarquer que le revenu à 100° permet d'obtenir 56 kg/mm² pour la charge de rupture et plus de 45 kg/mm² pour la limite élastique.

Ces alliages ternaires préparés à partir de métaux purs possèdent une résistance à la corrosion égale à celle des alliages aluminium-magnésium.

Il est enfin intéressant de signaler la stabilité et la résistance à la fatigue très élevée de ces solutions solides après revenu. Toutes ces caractéristiques seront indiquées dans un Mémoire plus étendu.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Mécanisme de l'attaque sulfurique de la triméthylarsine et de quelques sels d'arsonium quaternaires.* Note de M. **Georges Petit**, présentée par M. Paul Lebeau.

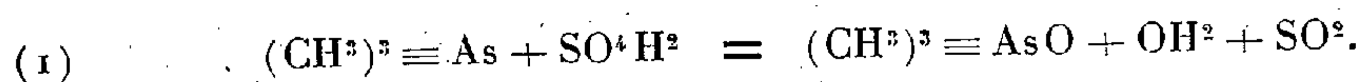
Nous avons montré précédemment le mécanisme de dégradation, par l'acide sulfurique concentré (D = 1,83), des acides monométhyl- et diméthylarsiniques (¹) du méthylarsenic et de l'oxyde de méthylarsine (²). Nous avons étudié dans les mêmes conditions la dégradation de la trimétylarsine et de quelques sels d'arsonium quaternaires.

I. *Triméthylarsine.* — L'oxydation des arsines tertiaires en oxyde d'arsine est connue. Nous avons précisé celle de la triméthylarsine. Jusqu'à 250°, il se produit une oxydation ménagée ; il se dégage une molécule d'anhydride sulfureux pour une molécule d'arsine. L'absence de CO^2 montre qu'il n'y a pas d'oxydation des groupements carbonés. Cette réaction est lente à la température ordinaire, complète à 150° en 40 minutes environ, instan-

(¹) G. Petit, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 322.

(²) G. Petit, *Bull. Soc. Chim.*, 5ᵉ série, 5, 1938, p. 150.

tanée à 250°. Elle peut s'écrire

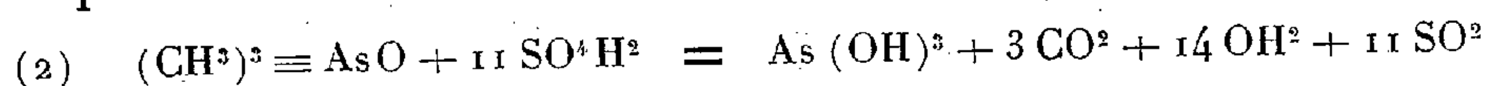


$$(1)\qquad (CH^3)^3 \equiv As + SO^4H^2 = (CH^3)^3 \equiv AsO + OH^2 + SO^2.$$

L'oxyde d'arsine a été isolé par épuisement au chloroforme, après neutralisation et caractérisé par une analyse complète.

L'étude de la dégradation de l'arsine revient donc, à plus haute température, à celle de son oxyde.

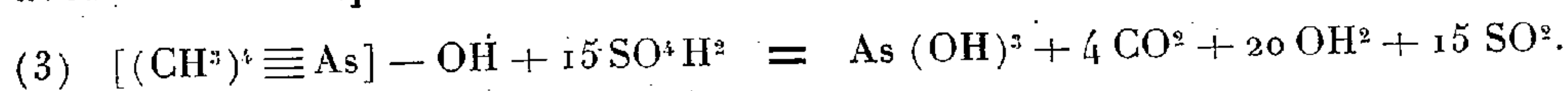
II. *Oxyde de triméthylarsine.* — Stable jusqu'à 250°, attaqué lentement à 280°, il est détruit quantitativement à 320° en 45 minutes en accord avec l'équation



$$(2)\qquad (CH^3)^3 \equiv AsO + 11\,SO^4H^2 = As(OH)^3 + 3\,CO^2 + 14\,OH^2 + 11\,SO^2$$

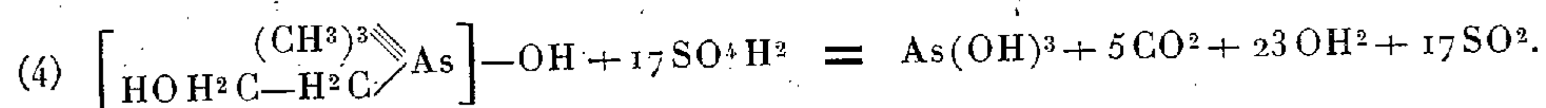
vérifiée, ainsi que toutes les équations du même type, en dosant l'anhydride arsénieux et l'anhydride sulfureux. Le rapport SO^2/As, établi après une attaque incomplète, donne une valeur égale à celle de l'équation (2), rendant ainsi invraisemblable l'existence de termes intermédiaires; d'ailleurs nos observations antérieures avaient montré la stabilité plus faible des arsines moins substituées. La première déméthylation entraîne, au fur et à mesure, toute la dégradation; sa vitesse est celle de la destruction. Remarquons que l'oxydation ne se produit pas avant la coupure, car la valeur du rapport $SO^2/(As\ triv.)$ n'est jamais supérieure à celle indiquée par l'équation (2).

III. *Sulfate de tétraméthylarsonium.* — Stable à 280°, il est détruit à 320° en 6 heures environ. Il n'y a pas de terme intermédiaire. Nous avons vérifié l'équation



$$(3)\qquad [(CH^3)^4 \equiv As] - OH + 15\,SO^4H^2 = As(OH)^3 + 4\,CO^2 + 20\,OH^2 + 15\,SO^2.$$

IV. *Sulfate de triméthylhydroxyéthylarsonium.* — Nous avons établi ''équation



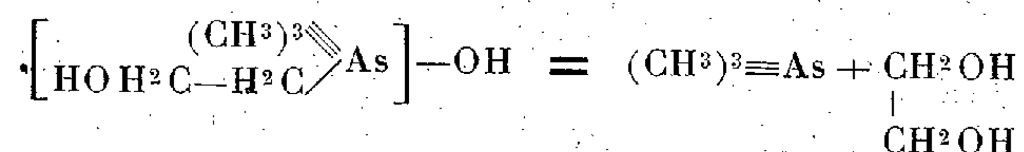
$$(4)\qquad \left[\begin{matrix}(CH^3)^3 \\ HO\,H^2C-H^2C\end{matrix}\!\!>\!As\right]-OH + 17\,SO^4H^2 = As(OH)^3 + 5\,CO^2 + 23\,OH^2 + 17\,SO^2.$$

A 320° ce sulfate, moins stable que le précédent, est détruit en 45 minutes environ; donc avec une vitesse égale à celle de l'oxyde de triméthylarsine.

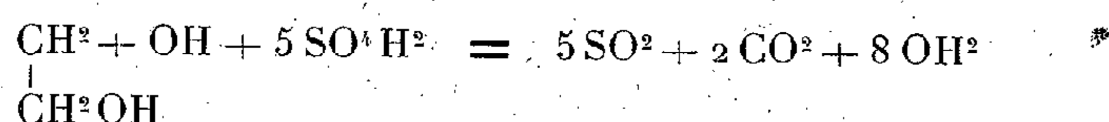
A 250° l'arsenic reste pentavalent et lié à des groupements organiques, mais il se dégage, après 8 heures de chauffe, 6 molécules d'anhydride

sulfureux par molécule d'arsine, et l'oxyde de triméthylarsine, stable dans ces conditions, peut être isolé. Ces résultats montrent que le mécanisme de destruction se dissocie en quatre phases :

a. Départ du groupement $—CH^2—CH^2OH$ suivant le schéma



b. Destruction immédiate du groupement carboné libéré suivant l'équation



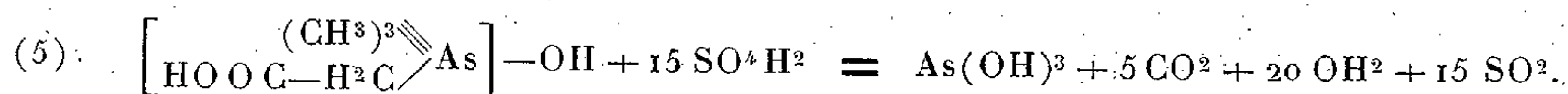
Cette réaction a été vérifiée par l'étude de l'attaque sulfurique du glycol; elle est plus rapide que la précédente.

c. Oxydation immédiate de la triméthylarsine.

d. Destruction de l'oxyde formé suivant le processus déjà étudié plus haut.

V. *Sulfate de triméthylcarboxyéthylarsonium*. — Les résultats sont comparables aux précédents, avec cette seule différence que la quantité d'anhydride sulfureux dégagée à 250° après 8 heures ne nous indique pas la nature du groupement éliminé, le radical $—CH^2—COOH$ demandant la même quantité d'oxygène pour sa combustion que le radical $—CH^3$.

L'équation de destruction est



En résumé, dans la destruction de la triméthylarsine on distingue deux phases : tout d'abord une phase d'oxydation, puis ensuite une phase de destruction proprement dite sans terme intermédiaire.

L'attaque de sulfate de tétraméthylarsonium est très lente et directement intégrale. Les sulfates d'arsonium dissymétriques présentent plusieurs stades dans leur destruction; il y a dégradation, puis destruction du groupement carboné libéré d'une part, et, d'autre part, formation de triméthylarsine dont la minéralisation s'effectue suivant le mécanisme que nous avons étudié plus haut.

GÉOLOGIE. — *Sur la stratigraphie et la paléontologie du Lias des environs de Tchépone (Bas-Laos).* Note (¹) de M. **Josué H. Hoffet** et Mme **Dorothée Le Maitre**, présentée par M. Lucien Cayeux.

La topographie du Bas-Laos est caractérisée aux environs de Tchépone par de hautes falaises gréseuses, dans lesquelles un conglomérat à quartz laiteux indique la transgression crétacique. La présente Note traitera de la stratigraphie et de la paléontologie des terrains sous-jacents qui étaient considérés jusqu'à présent, avec doute, comme liasiques. Elle confirmera cet âge.

Le Lias est constitué essentiellement de terrain rouge, grès rouges, grès bleus avec quelques intercalations de calcaires ou de schistes. Il n'y a que ces deux dernières formations qui soient fossilifères.

Ainsi à Ban Kater sur la Sé Bang Hieng, un schiste calcaire gris, intercalé dans du terrain rouge, avait fourni, à côté de pélécypodes indéterminables, des écailles et des dents de poissons. Grâce à l'étude de Guttorsen (²), sur l'histologie des dents de poissons ganoïdes, ces fossiles ont pu être attribués au genre *Lepidotus s. str.*, connu seulement depuis le Lias.

Les coupes de dents montrent que la dentine présente, à sa partie supérieure et sur les côtés, deux méplats; elle supporte un chapeau en dentine modifiée, fixé par un anneau d'émail. Chapeau et émail, ayant une biréfringence différente, se distinguent bien en lumière polarisée. Ces caractères sont propres au genre *Lepidotus*.

Le même gisement vient de fournir une dent d'*Acrodus*, une dent conique et cannelée de Plésiosaure, ainsi qu'une plaque osseuse crânienne, non encore déterminée.

Par dessus ces terrains, on trouve à Ban Nong Luang, au pied de la falaise, dans un petit affluent de droite de la Sé Tamok, sur un terrain rouge typique, un banc calcaire à algues marines supportant un calcaire franc, puis une lumachelle à *Alectryonia vallala* Dumortier.

Ces algues marines sont en nodules de forme aplatie ou discoïde quand elles sont petites, sphérique ou conique quand elles sont grandes. Leurs dimensions varient : 3,5 à $9^{cm},2$ de long, 2,5 à $9^{cm},8$ de large et 1 à 7^{cm} de hauteur.

(¹) Séance du 3 juillet 1939.

(²) *Mém. Soc. Paléontologique suisse*, 60, article 11, Bâle, 1937.

Elles sont formées d'un calcaire noir à grain très fin. Un nodule scié et poli permet d'étudier le mode de végétation de l'algue : celle-ci s'est développée sur un corps étranger, autour duquel elle s'est accrue en éventail formant un ensemble de petites *bouffées de pipe* à structure zonaire très accusée. La colonie semble présenter des ramifications entre lesquelles s'est déposé un sédiment dont la couleur jaune met en évidence le tissu noir de l'algue.

En lames minces, on voit des touffes denses de tubes pas toujours contigus, de calibre régulier sur tout leur parcours; ils ne présentent pas de cloisons; leur diamètre est voisin de 30$^{\mu}$, plutôt inférieur, et de section circulaire. Ces tubes, peu flexueux, peuvent se suivre dans toute la largeur d'une zone mais non d'une zone à l'autre, car la structure n'est pas conservée en ces points limites. Les ramifications de tubes sont rares sur les lames minces étudiées; cependant, celles qui ont pu être observées sont toujours dichotomiques et quelques-unes à angle assez ouvert.

De ces observations, il résulte que ces algues sont, sans aucun doute, des Codiacées présentant tous les caractères de la sous-famille des Mitcheldeaniées récemment définie par Pia ([3]). Le mode de division des tubes les rapproche des genres connus : *Orthonella* et *Cayeuxia* sans qu'il soit possible de préciser davantage actuellement; ce peut être aussi un genre nouveau. Une étude plus détaillée nous fixera sur ce dernier point.

Conclusions. — Nous sommes ici en présence d'une mer liasique essentiellement néritique, caractérisée par des dépôts sédimentaires de couleur rouge, dans lesquels les lits fossilifères calcaires ou schisteux font exception.

Trois enseignements se dégagent, au point de vue stratigraphique, de ces observations :

1° à côté des terrains rouges antécambriens, dévoniens, triasiques et crétaciques, il existe en Indochine des terrains rouges liasiques, qui ne peuvent être séparés que par des arguments d'ordre stratigraphique ou paléontologique;

2° la mer liasique reconnue sur les côtes du Centre et du Sud Annam, en Cochinchine et dans le Bas-Laos méridional, remontait, au moins, jusqu'à la limite septentrionale de la feuille de Hué;

([3]) *C. R. Congrès Stratigraphie carbonifère Heerlen*, 2, 1937, p. 786.

3° le Lias, probablement supérieur, supporte dans cette partie de l'Indochine directement le Sénonien;

4° à mesure que les recherches s'étendent, la présence d'algues calcaires formant par leur accumulation des bancs noduleux s'avère comme étant l'un des faciès constants parmi les sédiments de bordure d'une mer en voie d'avance ou de retrait.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence du Turonien dans l'Ouest du bassin de Dieulefit.* Note de M. **Jacques Sornay**, présentée par M. Charles Jacob.

Depuis E. Fallot (1) et V. Paquier (2), on admet que dans l'Ouest du bassin de Dieulefit le Turonien manque et que les calcaires gréseux blanchâtres à *Micraster decipiens* Bayle reposant sur le Cénomanien représentent le Coniacien.

Des explorations récentes m'ont permis de préciser la coupe du Crétacé supérieur dans la région de Rochefort-en-Valdaine et du Colombier, à une douzaine de kilomètres au Sud-Est de Montélimar, et la découverte dans les calcaires gréseux à *Micraster* d'une faune d'Ammonites m'a montré que ces couches représentaient non le Coniacien, mais l'Angoumien.

La coupe suivante, prise dans le ravin de Jamot, montre au-dessus des sables jaunâtres et grès susaptiens :

1° Sables gris blanc verdâtre à petites concrétions ferrugineuses et stratification entrecroisée; 20^{m}.

2° Grès durs grossiers jaunâtres; $2\text{-}3^{m}$.

3° Grès devenant progressivement plus calcaires, avec plaques de silex brun ou rose; 10^{m}.

4° Calcaires gréseux blanchâtres à *Micraster* et rares silex à la base; $60\text{-}80^{m}$.

5° Grès jaunes très grossiers; $15\text{-}20^{m}$.

Les couches 1 sont ici sans fossiles, mais plus au Sud-Ouest, vers la maison Besson, on y trouve *Turrilites costatus* Lam. Elles représentent donc bien le Cénomanien supérieur.

Les couches 2 et 3 sont sans fossiles, mais dans les calcaires gréseux blanchâtres 4 se trouve la faune suivante : *Austeniceras Austeni* Sharpe, *Schloenbachia Germari* Reuss, *Pachydiscus peramplus* Mant., *Pachydiscus* aff. *rhodanicus* Rom. et Maz., *Scaphites* aff. *Geinitzi* d'Orb., *Inoceramus striato-concentricus* Gümb., *Inoceramus* aff. *plicatus* d'Orb. var. *hercynica* Petr., *Ostrea eburnea* Coq., *Terebratula* aff.

(1) *Ann. des Soc. Géol.*, 18, 1885, p. 1 à 262.
(2) *Trav. Lab. Géol. de Grenoble*, 5, 1889-1900, p. 149 à 556.

carnea Sow., *Micraster beonensis* Lamb. ([2]), *Micraster decipiens* Bayle, *Sternotaxis planus* Mant., *Cardiotaxis Cotteaui* d'Orb.

Les grès jaunes grossiers qui terminent la coupe renferment la même faune d'Oursins et de Térébratules et ils m'ont fourni en outre un fragment de *Prionotropis Bravaisi* d'Orb.

Ainsi, par leur faune d'âge turonien supérieur les couches 4 et 5 peuvent être considérées comme angoumiennes, le Ligérien étant très probablement représenté par 2 et 3.

Cette faune angoumienne est intéressante par ses affinités nettement nordiques. Il est à remarquer en outre que des fragments peu déterminables, se rapportant peut-être à *Pachydiscus Vaju* Stol., indiqueraient des affinités avec l'Inde. Dans tous les cas cette faune, fort différente de celle vivant alors en Provence méridionale, est un argument en faveur de la séparation complète par l'isthme durancien du domaine de la moyenne vallée du Rhône, en large communication avec la mer alpine, et de la mer du golfe pyrénéo-provençal.

Il est curieux également de voir *Micraster decipiens* Bayle, forme coniacienne dans le bassin de Paris, faire son apparition ici dès le Turonien supérieur.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Parasites atmosphériques dans les régions australes.* Note ([1]) de MM. **Robert Bureau** et **M. Douguet**, présentée par M. Charles Maurain.

I. A l'occasion d'une croisière dans l'Océan Austral de l'aviso *Bougainville*, au cours de l'été austral 1938-1939, un ensemble récepteur d'atmosphériques, avec enregistrement statistique, analogue à ceux en fonction depuis plusieurs années en France et en Afrique du Nord, avait été installé à bord de ce bâtiment à son départ de Madagascar, et réglé sur une fréquence voisine de 27 Kc/s.

Le *Bougainville* effectuait, après avoir touché Durban en Afrique du Sud, le périple des archipels austraux, Marion, Crozet, Kerguelen, Saint-Paul et Amsterdam, puis faisait escale à la Réunion et à Maurice, avant

([2]) Je dois à M. J. Lambert la détermination des Échinides cités dans cette Note.

([1]) Séance du 3 juillet 1939.

de regagner sa base de Diégo-Suarez. La faible durée de la croisière était compensée par l'intérêt de cet itinéraire et la série d'enregistrements obtenus fournit quelques renseignements sur les sources d'atmosphériques dans cette partie de l'hémisphère austral.

II. Plusieurs faits attirent tout d'abord l'attention :

1° On retrouve la forme classique des enregistrements de l'hémisphère Nord, caractérisée par un maximum nocturne complété parfois par un maximum d'après-midi.

2° Malgré une augmentation de la sensibilité de l'appareil, le maximum nocturne s'aplatit, c'est-à-dire que la quantité d'atmosphériques reçus diminue à mesure que le *Bougainville* gagne le Sud et l'Est.

3° Simultanément le maximum d'après-midi, dû surtout à la propagation directe, s'atténue très vite pour disparaître complètement à partir des Kerguelen et ne reprendre qu'entre Saint-Paul et la Réunion.

Ces deux derniers faits, bien que très simples, indiquent d'une façon nette, d'une part qu'il n'y a pas de sources maritimes, d'autre part que le *Bougainville* s'éloigne des sources en gagnant le Sud et l'Est, c'est-à-dire en s'éloignant du continent Sud-Africain.

III. Nous avons analysé les courbes d'une manière plus détaillée, en tenant compte des heures de début et de fin du maximum nocturne et de leurs retards respectifs par rapport au coucher et au lever du Soleil dans l'ionosphère.

Cette analyse donne les résultats suivants :

1° Pendant la première partie de la croisière les atmosphériques nocturnes surgissent brusquement, un temps relativement court (45 minutes environ) après le coucher du Soleil; nous avons donc affaire à des sources peu éloignées dans l'Est ([2]).

Au cours de cette même période une diminution nette des atmosphériques nocturnes précède d'un temps très court la chute de la courbe au lever du Soleil. Les sources de fin de nuit sont donc relativement proches et occidentales.

Ceci s'accorde avec la présence de sources vers le Nord, sur le continent Sud-Africain et Madagascar.

2° A partir des Crozet, l'apparition des atmosphériques nocturnes se

([2]) Ces expressions Est et Ouest doivent être entendues, par rapport non au méridien du navire, mais au grand cercle d'ombre, qui est incliné sur l'équateur de la valeur de la déclinaison solaire et en sens inverse le matin et le soir.

produit longtemps après le coucher du Soleil, avec un retard qui atteint 1 heure 30 minutes aux Kerguelen et dépasse 2 heures à Saint-Paul-Amsterdam. Nous sommes donc passés très à l'Est des sources, qui se placent nettement sur le continent Sud-Africain.

La chute de la courbe au lever du jour n'est d'ailleurs plus précédée d'aucune diminution sensible, ce qui montre qu'il n'y a plus de sources vers l'Est.

La forme même de l'apparition du maximum nocturne confirme ce qui précède car, plus les sources sont éloignées vers l'Ouest, et plus cette apparition doit être lente. Or, au début de la croisière, l'apparition est brusque (sources à peu près sur le méridien du navire), ensuite elle devient lente (sources franchement à l'Ouest).

Il est assez inattendu de constater que même à Saint-Paul et Amsterdam, qui sont à mi-chemin des grands foyers d'orages d'Afrique et des îles de la Sonde, l'on n'observe aucun effet de ce dernier foyer, le premier seul se faisant sentir. Il faut peut-être voir là l'effet d'un amortissement rapide des foyers orageux de Malaisie au cours des deux heures qui suivent le coucher du Soleil.

MYCOLOGIE. — *Sur l'hétérothallisme du* Saccharomycodes Ludwigii. Note de Mlle **Jane Manuel**, transmise par M. Alexandre Guilliermond.

On sait que les Levures haplobiontiques et haplodiplobiontiques sont homothalliques. Le *Saccharomycodes Ludwigii* est diplobiontique; dans cette Levure, les asques renferment constamment 4 ascospores disposées en deux paires unies chacune par une lame réfringente, reste de l'épiplasme. Les ascospores, au moment de germer, se conjuguent deux à deux formant ainsi des zygotes, point de départ des cellules diploïdes qui donneront des asques. Or cette conjugaison se produit presque toujours entre les deux ascospores d'un même couple, et Guilliermond a émis l'hypothèse que la ségrégation des sexes serait génotypique : il y aurait hétérothallisme. La vérification n'en était possible que par confrontation des ascospores isolées d'un asque. Nous nous disposions à publier les résultats de nos recherches, commencées il y a deux ans, d'abord avec l'aide de M. de Fonbrune, lorsque nous avons eu connaissance d'un travail analogue et récent de Winge et Laustsen [1].

---

[1] *C. R. du Lab. Carlsberg*, 22, 1939, p. 357.

Ces auteurs, par des séparations d'ascospores, ont montré que celles-ci germent sans se conjuguer et donnent des cellules haploïdes qui présentent des caractères différents selon qu'elles proviennent de l'une ou de l'autre des ascospores d'un couple; ils ont admis que la Levure renferme les 4 gènes N*n* L*l*; 2 ascospores d'un même couple possèdent l'une les gènes NL, l'autre les gènes *nl*, d'où hétérothallisme. Nos recherches suivant une méthode toute différente ont consisté à confronter les 4 ascospores isolées d'un asque pour voir si elles se conjuguent ou non. Ainsi, bien qu'elles confirment celles de Winge et Laustsen relatives à l'hétérothallisme, elles les complètent d'une manière intéressante et doivent être publiées.

Huit à 9 pour 10 des ascospores, isolées au moyen du micromanipulateur de de Fonbrune, germent, les autres étant lésées ou mal conformées. Nous avons, comme Winge et Laustsen, isolé les 4 ascospores d'un asque et obtenu leur culture en chambre humide : 2 ascospores germent en donnant de nombreuses cellules, tandis que les 2 autres se gonflent sans bourgeonner et ne produisent que 3 ou 4 cellules, même en présence d'un excès d'aliment. Il existerait donc, dans un asque, 2 ascospores moins vigoureuses que les autres.

Cette différence se retrouve dans les colonies géantes provenant des 4 ascospores isolées d'un même asque : 2 ascospores donnent de minuscules colonies formées de cellules hypertrophiées, tandis que les 2 autres produisent des colonies semblables à celles obtenues à partir de cellules diploïdes, celles-ci ont la forme d'un cône plus élevé. Sur moût de bière, les cellules issues d'ascospores isolées croissent un peu moins vite que les cellules diploïdes provenant de zygotes. Ces formes haploïdes se distinguent des diploïdes par certains caractères : leurs cellules sont parfois un peu plus petites ou beaucoup plus grosses pour celles provenant des ascospores à croissance faible; les cellules ont une membrane plus mince et des vacuoles plus nombreuses; elles forment rapidement des pseudo-myczéliums, se remplissent de granulations lipidiques et dégénèrent assez vite. Ces cellules ne sporulent jamais.

En confrontant les cellules provenant de cultures monospores, nous n'avons jamais pu constater la formation de zygotes. Au contraire, si l'on place des ascospores isolées d'un asque à une distance de 5 à 10 μ l'une de l'autre, ce que n'ont pas fait Winge et Laustsen, on obtient souvent leur conjugaison; celle-ci ne s'effectue plus si les ascospores ont commencé à germer isolément, ou si l'on confronte une ascospore avec une cellule haploïde provenant de la germination d'une ascospore quelconque. Nos

recherches établissent donc ce fait, non démontré par Winge et Laustsen, que la conjugaison ne peut se produire qu'entre les ascospores elles-mêmes et que leur caractère sexuel se perd au cours de la germination.

Ainsi donc, l'absence de sporulation des cultures monospores ne signifie pas que la Levure est hétérothallique. Afin de résoudre le problème, il fallait confronter un grand nombre d'ascospores, ce que n'ont pas réalisé les auteurs danois. Les confrontations ont été faites pour chaque asque entre les ascospores d'une même paire ou de paires différentes. Si la Levure est hétérothallique, on doit toujours obtenir une conjugaison en confrontant les 2 ascospores d'un même couple et des conjugaisons dans la moitié des cas en confrontant des ascospores de paires différentes. Or l'expérience démontre que la confrontation d'ascospores de couples différents donne très sensiblement moins de conjugaisons que celle d'ascospores d'un même couple (6 à 7 pour 10 environ dans ce dernier cas). Dans le premier cas, les ascospores qui ne se conjuguent pas forment des tubes germinatifs arrivant parfois au contact sans s'anastomoser; ces tubes rarement s'écartent l'un de l'autre. Bien que les chiffres obtenus soient inférieurs aux prévisions, ces faits suffisent pour permettre de conclure à l'hétérothallisme de la Levure.

Ainsi nos résultats nous ont fourni, par d'autres méthodes que celle de Winge et Laustsen, la preuve que le *S. Ludwigii* est hétérothallique. Ils démontrent, en outre, ce que n'ont pas prouvé ces auteurs, que la conjugaison n'est possible qu'entre les ascospores elles-mêmes et que celles-ci perdent leur caractère sexuel dès le début de la germination. Nous avons enfin constaté que les 2 ascospores isolées d'un asque croissent normalement, les 2 autres ne produisant que quelques cellules; mais nous n'avons pas approfondi cette question qui a fait le principal objet du travail de Winge et Laustsen.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Effet de la fixation du sélénium par quelques Crucifères sur les rapports quantitatifs de certains éléments dans ces végétaux.* Note de M. **Martial-Félix Taboury** et Mlle **Odette Coudray-Viau**, présentée par M. Marcel Delépine.

Divers végétaux fixent le sélénium lorsqu'ils sont cultivés dans un sol contenant cet élément, soit naturellement sous différentes formes, soit par

suite d'arrosage avec des solutions de sélénites ou de séléniates alcalins.

Nous avons étudié sur trois crucifères, Moutarde blanche (*Sinapis alba*), Radis cultivé (*Raphanus sativus*) et Moutarde noire (*Brassica nigra*), d'une part la fixation du sélénium, d'autre part les perturbations apportées par la fixation de ce métalloïde sur la composition des cendres des végétaux.

Dans ce but nous avons cultivé simultanément, pour chaque espèce, deux lots de plantes arrosés l'un avec de l'eau ordinaire, l'autre avec une solution de sélénite de sodium ($0^g,005$ par litre). Toutes les recherches ont été effectuées sur les cendres des plantes adultes séchées.

I. *Teneur en sélénium.* — Le dosage du sélénium dans les plantes entières cultivées dans un sol sélénifère nous a donné les résultats suivants : $^0/_{00}$ de plante sèche, Radis cultivé 0,017 ; Moutarde noire 0,010 ; Moutarde blanche 0,007.

En outre, dans le cas de la Moutarde blanche seulement nous avons déterminé les teneurs relatives en sélénium dans les trois organes : feuille, racine, tige. Elles ont été, dans l'ordre indiqué, comme les nombres 350, 100, 45 pour un même poids d'organe sec.

II. *Variation des teneurs relatives en différents métaux par fixation de sélénium.* — L'étude du rôle du sélénium sur la fixation d'un certain nombre de métaux a été conduite par voie spectrochimique et contrôlée dans un cas par voie chimique. Le spectrographe utilisé permettait d'opérer entre 3820 et 8000 Å. Pour exciter les spectres, on utilisait un arc jaillissant entre électrodes de cuivre pur dans lequel on introduisait une petite quantité de cendres préparées en présence d'acide sulfurique suivant la technique habituelle.

Qualitativement, on ne trouve aucune différence entre les plantes sélénifères et les plantes normales. Dans tous les échantillons utilisés, nous avons décelé les éléments Li, Na, K, Ca, Sr, Ba, Mg, Mn, Fe, Al.

Au point de vue *quantitatif*, par contre, on constate d'importantes différences. Ne disposant pas d'un spectrophotomètre nous avons effectué, à l'œil, dans chaque spectre, les comparaisons des intensités des raies de chaque élément à celle d'un autre. Les spectres des cendres séléniées et non séléniées de chaque espèce étaient enregistrés sur une même plaque et l'observation se faisait sur la projection agrandie de ces clichés ; nous avons retenu seulement les résultats suivants qui ne laissent aucun doute.

Moutarde blanche normale sélénifère.	Radis cultivé normal sélénifère.	Moutarde noire normale sélénifère.
Fe/K > Fe/K	Fe/Na > Fe/Na	Rapports inchangés
....	Mn/Na > Mn/Na	
Mg/K = Mg/K	Mg/Na > Mg/Na	
Li/K = Li/K	Li/Na > Li/Na	
Na/K = Na/K	....	
	Ca/Na < Ca/Na	
	Sr/Na < Sr/Na	
	Ba/Na < Ba/Na	
	....	
	K/Na = K/Na	

Dans le cas du Radis on a vérifié, par voie chimique, la réduction de la teneur en fer par fixation du sélénium. Celle-ci passe de 1,36 à 0,033 % de plante sèche.

En *conclusion* on peut dire que :

a. *Sinapis alba*, *Raphanus sativus* et *Brassica nigra* fixent dans les mêmes conditions des quantités appréciables de sélénium. Le Radis est celui qui en assimile le plus.

b. En présence de sélénium ces trois espèces se comportent très différemment vis-à-vis de la fixation de Li, Na, K; Ca, Sr, Ba; Mg, Mn, Fe, Al.

Ainsi, par rapport au sodium ou au potassium, le Radis assimile moins de Fe, Mn, Mg, Li et davantage de Ca, Sr, Ba que la plante normale, tandis que la Moutarde blanche retient seulement moins de fer. Quant à la Moutarde noire, la fixation de sélénium ne modifie pas les teneurs relatives des divers métaux.

Vis-à-vis du Radis, Li ne se comporte pas comme un alcalinoterreux.

ZOOLOGIE. — *Le Campagnol denté, rarissime relicte d'un phylum ibérique, se retrouve à l'état subfossile en Languedoc*. Note de M. **Henri Heim de Balsac**, présentée par M. Maurice Caullery.

Microtus dentatus est, de tous les Campagnols européens, le plus remarquable, tant par sa morphologie que par sa localisation géographique et sa rareté. Il a été décrit par Miller en 1910 (*Ann. and Mag. Nat. Hist.*, 8ᵉ série, novembre 1910, p. 459), d'après un unique spécimen (conservé au Musée de Madrid), capturé à Molinocos, dans la Sierra de Segura au Sud

d'Albacète. *M. dentatus* diffère beaucoup de tous les *Microtus* européens à l'exception de *M. cabreræ* Thomas, forme également rare et localisée, connue par deux exemplaires (conservés au Br. Museum) de Rascafria, dans la Sierra de Guaderrama, non loin de Madrid.

C'est avec une vive surprise, en revisant la faune des Micromammifères quaternaires français existant dans les collections paléontologiques du Muséum que nous a été révélée la présence de *Microtus dentatus*. Cette forme est en effet représentée par un assez grand nombre de mandibules (46), de portions de crânes et de dents isolées, dans un lot de Mammifères recueillis, en 1864, par P. Gervais, à la Valette (grotte du Lynx), près de Montpellier. La microfaune est constituée par des réjections stomacales de la Chouette effraie (*Tito alba*), grande consommatrice de petits Mammifères, dont les ossements entassés dans les lieux convenables constituent une mine de documents, tant pour la paléontologie quaternaire que pour la mammalogie des temps actuels. Le gisement de la Valette, de l'avis de Gervais, est de formation très récente, sûrement post-pléistocène, peut-être même actuelle. Nous ne pouvons que confirmer cette opinion : après brossage des particules terreuses qui les recouvrent, les os apparaissent non fossilisés, de teinte jaunâtre, et dépourvus d'un dépôt minéral quelconque.

La faune est celle des garrigues actuelles du Gard ou de l'Hérault : Blaireau, Renard, Fouine, Genette, Lapin, Taupe, Musaraigne *Crocidura russula*, Lérot *Eliomys quercinus*, Mulot *Apodemus silvaticus*, Souris *Mus muculus* et Rat noir *Rattus rattus*. La présence du Rat, si elle ne résulte pas de remaniements ou de mélanges dus à la main de l'homme au cours des fouilles, daterait le gisement du moyen âge, au plus tôt. La faunule des Campagnols est d'un intérêt particulier : en dehors de *Microtus dentatus*, nous avons trouvé : le Campagnol aquatique *Arvicola sapidus*, le Campagnol de Lebrun *Microtus nivalis lebrunii*, le Campagnol à douze côtes *Pitymys duodecimcostatus*, tous hôtes actuels des garrigues. Mais, de plus, il existe, en nombre, un grand *Pitymys* différent de *duodecimcostatus* et que nous croyons devoir identifier à *P. ibericus* Gerbe, espèce répandue dans le centre et le sud de la péninsule ibérique. Ainsi donc deux Campagnols, considérés à ce jour comme spécifiquement ibériques, ont vécu à une date très récente à proximité immédiate de Montpellier.

On peut même se demander s'ils ne subsisteraient pas à l'état vivant en quelque point de notre région méditerranéenne.

La belle série de *M. dentatus* de la Valette permet de juger de la validité de cette forme, décrite jusqu'ici sur un seul spécimen.

La grande taille est confirmée (larg. zygoma. $17^{mm},8$, rangée molaires sup. 7, diastème 9,5, fentes palatines 6, nasaux 9,4), ainsi que les caractères du frontal dans la région interorbitaire. La morphologie du lobe antérieur de M_1 est caractéristique. Par contre, le caractère exclusif et considéré comme spécifique de *M. dentatus*, à savoir la présence de deux prismes triangulaires en M_3, n'est pas constante : sur 13 dents examinées, les 2 triangles apparaissent 7 fois; dans les 6 autres cas le caractère est incomplet ou en voie de formation (question d'âge?). Il convient donc de rapprocher *M. dentatus* de *M. cabreræ* et de considérer ces deux formes comme appartenant à une même lignée ibérique en voie d'extinction, lignée établissant une transition entre les *Microtus s. stricto* et les *Sumeriomys* asiatiques. La présence de *M. dentatus* à la Valette apporte la preuve d'un peuplement ibérique de la France à une époque récente, mouvement faunique inverse de celui des temps glaciaires et qui jette une lumière nouvelle sur les origines multiples du peuplement mammalien actuel de la France que nous nous attachons à reconstituer.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la formation possible d'esters éthyliques au cours de la stabilisation des végétaux.* Note [1] de MM. **Albert Goris** et **Henri Canal**, présentée par M. Maurice Javillier.

Lors de la stabilisation des végétaux par immersion dans l'alcool éthylique bouillant en présence de carbonate de calcium, l'alcool n'agit pas seulement comme destructeur des ferments; il peut intervenir comme réactif provoquant des phénomènes inattendus. Ainsi, en traitant suivant cette technique des feuilles de *Pæonia officinalis* L. ou de *Pæonia Moutan* Sims., nous avons isolé un corps fondant à 160°, qui est de l'ester éthylgallique.

%, C 54,77; H 5,00; C^2H^5 14,76; P.M. 190.

Calculé % pour $C^9H^{10}O^5$, C 54,54; H 5,05; C^2H^5 14,64; P.M. 198.

---

[1] Séance du 3 juillet 1939.

Ce corps donne en effet de l'acide gallique par saponification. Le point de fusion de son mélange avec de l'ester éthylgallique de synthèse ne subit aucune dépression. Le groupe éthyle a été caractérisé par formation d'iodure de triméthyléthylammonium.

En réalité, les plantes étudiées ne renfermaient pas d'ester éthylgallique : car, si l'on remplace pour la stabilisation l'alcool éthylique par l'alcool méthylique, on n'obtient pas l'ester éthylique mais l'ester méthylique (F. 199°). Ces esters donnent une réaction colorée permettant de déceler leur présence même à l'état de traces. L'addition d'ammoniaque à leur solution aqueuse fait apparaître une teinte rouge framboise fugace que la présence d'acétone rend persistante.

Nous avons vérifié que l'ester éthylgallique ne peut se former à partir d'ester méthylgallique, qui existerait dans la plante, par une réaction d'éthanolyse analogue à celle que l'on utilise pour préparer à partir des glycérides les esters éthyliques d'acides gras. L'ester méthylgallique n'existe d'ailleurs pas dans les feuilles de pivoine; en utilisant l'acétone bouillante pour effectuer la stabilisation, on ne peut isoler la moindre trace d'esters galliques, et l'on obtient un corps acide très différent de l'acide gallique.

Cet acide est très soluble dans l'eau, l'acétone, insoluble dans le chloroforme et le benzène. Il présente certaines réactions colorées de l'acide gallique : coloration bleue avec le chlorure ferrique, réduction de la liqueur cupro-alcaline et du permanganate de potassium etc., mais avec le cyanure de potassium il donne une teinte jaune citron très stable, alors que l'acide gallique fournit une coloration rouge fugace qui réapparaît par agitation.

Nous n'avons pas réussi à obtenir cet acide sous forme cristallisée; ce fait nous a empêchés d'en effectuer l'analyse et de déterminer le nombre des groupes hydroxyles et carboxyles dont nous avions constaté la présence.

Estérifié par l'alcool éthylique ou méthylique en présence d'acide sulfurique, il donne les esters gallique et benzoïque correspondants; saponifié par la potasse aqueuse bouillante, il libère de l'acide benzoïque et de l'acide gallique. Ces deux acides ne constituent pas un simple mélange, mais une combinaison, car si l'on traite l'acide isolé par le benzène ou le chloroforme bouillant, on ne peut en extraire l'acide benzoïque.

Nous avons essayé d'établir si cette combinaison des acides gallique et benzoïque pouvait donner naissance à des esters dans les conditions réalisées au cours de la stabilisation. Par ébullition avec l'alcool éthylique ou méthylique, il ne se forme pas d'esters, quels que soient le titre

alcoolique et la durée du chauffage; par contre, en opérant en présence de carbonate de calcium on obtient rapidement les esters éthyl- ou méthylgallique.

L'ester éthylgallique, retiré après stabilisation des feuilles de pivoine par l'alcool bouillant en présence de carbonate de calcium, n'existe donc pas dans la feuille de pivoine. Il ne provient pas de l'estérification de l'acide gallique : cet acide n'est pas présent dans la plante, et nous avons constaté que l'acide gallique pur ne donnait pas d'esters par action de l'alcool bouillant en présence ou non de carbonate de calcium. L'ester se forme, au cours de la stabilisation, à partir de l'acide formé par la combinaison des acides gallique et benzoïque : au cours de l'opération, cette combinaison doit être décomposée et l'alcool bouillant doit estérifier l'acide gallique dès qu'il est libéré.

La stabilisation par l'alcool bouillant, qui est en général une excellente méthode pour éviter des modifications dans la composition initiale des végétaux, peut donc provoquer des réactions dans lesquelles l'alcool intervient par sa fonction chimique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la constitution et les propriétés des amidons solubles.* Note de MM. **Christian Dumazert** et **Georges Santoni**, présentée par M. Maurice Javillier.

La transformation intégrale des amidons naturels en amidons solubles sous l'action de la soude, à froid, suivant les modalités antérieurement décrites [1], nous a permis d'obtenir un produit de propriétés et de constitution constantes, identique quelle que soit l'origine des amidons. Cette Note est consacrée à l'étude de certaines propriétés et de la constitution de ce corps.

Tous nos amidons solubles possèdent le même pouvoir rotatoire aux erreurs d'expérience près, soit respectivement $[\alpha]_D = +189°$; $+187°,8$; $+190°,1$; $+188°$; $+189°,5$ (valeur moyenne $+189°$) pour ceux provenant du blé, de l'arrow-root, du maïs, de la pomme de terre et du riz. Les solutions de ces amidons ne se gélifient pas; elles donnent avec l'iode une coloration d'un bleu très pur. Soumis à l'acétylation selon la technique de Reich et Damansky [2], ces corps donnent naissance à un ester

(1) C. Dumazert, G. Santoni et J. Autran, *Bull. Soc. Chim.*, 4, 1937, p. 1988.

(2) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 19, 1937, p. 158.

soluble dans le chloroforme, contenant trois groupements acyles par unité $C^6H^{10}O^5$.

Nos amidons solubles possèdent un pouvoir réducteur vis-à-vis de l'iode en milieu alcalin, attribuable à l'existence, à l'une des extrémités de la chaîne du polyholoside, d'une fonction pseudo-aldéhydique libre. Le dosage de celle-ci a permis la détermination du poids moléculaire minimum des corps étudiés. Nous l'avons effectué en adaptant à notre but la microméthode iodométrique de dosage des aldoses mise au point par l'un de nous ([3]).

Nous avons, en effet, constaté que nos amidons solubles ne sont oxydés complètement que si l'on prolonge le contact entre l'iode et le polyholoside pendant 8 heures; la quantité d'iode entrant alors en réaction est rigoureusement proportionnelle à la quantité de produit mise en œuvre. Nous avons ainsi déterminé la quantité d'iode nécessaire pour réaliser l'oxydation complète de 100^g d'amidon soluble, soit I′ (indice d'iode avant hydrolyse). Par ailleurs, nous avons déterminé le pouvoir réducteur vis-à-vis de l'iode des mêmes produits après hydrolyse totale par l'acide sulfurique, soit I″ (indice d'iode après hydrolyse). Le rapport I″/I′ exprime le nombre n de molécules de glucose constituant les polyholosides étudiés, ce qui permet de calculer leur poids moléculaire minimum. On trouvera ci-dessous les résultats des mesures.

Origine des amidons solubles à froid.	Indices d'iode avant hydrolyse I′.	Indices d'iode après hydrolyse I″.	Amidon en % des produits étudiés.	Rapport $n = \frac{I''}{I'}$.
Arrow-root	7,55	155,9	99,3	20,6
Blé	7,64	154,9	98,6	20,2
Maïs	7,65	149,8	95,7	19,4
Pomme de terre	7,69	152,4	97,2	19,8
Riz	7,54	148,8	94,3	19,7
Moyennes	7,60	152,3	97,02	20
Valeurs théoriques pour $n = 20$	7,796	156,7	100	20

De l'examen de ce tableau, il ressort que tous nos amidons solubles sont identifiables à un même polyholoside, constitué par l'association de 20 molécules de glucose, unies par des liaisons glucosidiques, et formant une chaîne ouverte qui porte à l'une de ses extrémités une fonction pseudo-

([3]) C. Dumazert, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 16, 1934, p. 923 à 940.

aldéhydique libre. Le poids moléculaire calculé à partir de ce résultat est 3258, valeur voisine de celle que nous avons obtenue, par ailleurs, à partir de mesures de pression osmotique.

Ces données permettent de considérer l'amidon soluble que nous avons isolé comme un *composé chimique défini*, correspondant à une phase précise de la dégradation des amidons naturels. Étant donné qu'un tel polyholoside a été obtenu à partir d'amidons d'origines diverses, *nous le considérons comme le constituant fondamental de ceux-ci;* cette notion est d'accord avec celle de l'homogénéité chimique de l'amidon qui trouve dans nos recherches un nouveau point d'appui.

IMMUNOLOGIE. — *Sur la structure antigénique des bacilles tuberculeux humains et bovins.* Note (¹) de M. **W. Schaefer**, présentée par M. Louis Martin.

Les recherches sur la structure antigénique des bacilles tuberculeux ont montré que tous les bacilles des mammifères contiennent un antigène lipoïdique (K. Meyer, A. Boquet et L. Nègre, Anderson, Machebœuf) et un antigène polysaccharidique (Zinsser, Mueller, Masucci, Mc Alpine et Glenn, Heidelberger et Menzel, Sandor et Schaefer) qui leur sont communs. Avec G. Sandor (²), nous avons décelé, dans les bacilles bovins, un antigène protéidique spécifique pour ce type. Cet antigène spécifique de type peut être mis en évidence aussi bien dans les bacilles bovins donnant des colonies lisses que dans les bacilles bovins donnant des colonies rugueuses, mais seules les cultures ayant gardé l'aspect lisse sont capables de produire chez les animaux l'anticorps correspondant. L'anticorps protéidique spécifique pour le bacille bovin se trouve non seulement chez les animaux préparés (cheval, lapin), mais encore, assez souvent, chez l'homme dans les cas d'infection par le bacille des bovidés (³). Il apparaît ainsi que la spécificité antigénique du bacille bovin réside dans ses protéides.

(¹) Séance du 3 juillet 1939.

(²) W. Schaefer et G. Sandor, *C. R. Soc. Biol.*, 130, 1939, p. 155; W. Schaefer, *C. R. Soc. Biol.*, 130, 1939, p. 962.

(³) K. Meyer, *C. R. Soc. Biol.*, 131, 1939, p. 470; W. Schaefer, *C. R. Soc. Biol.*, 131, 1939, p. 909.

En ce qui concerne la valeur antigénique et la spécificité des protéides du bacille humain, nos expériences faites sur le cheval et sur le lapin ne nous avaient donné que des réponses négatives, car ces protéides ont été inactifs à l'égard de tous les sérums de ces animaux préparés, soit avec des bacilles humains, soit avec des bacilles bovins lisses ou rugueux. Il en est autrement lorsqu'on injecte des bacilles bovins lisses au cobaye. L'injection de bacilles humains ou de bacilles bovins rugueux tués et mis en suspension dans de l'huile de vaseline (technique de A. Saenz) (4) ne produit chez le cobaye, comme chez le lapin et le cheval, que des anticorps lipoïdiques et des anticorps polysaccharidiques. Les bacilles bovins lisses, dans les mêmes conditions, donnent naissance à des anticorps protéidiques. Ces anticorps, sauf quelques exceptions, ne sont pas spécifiques pour les protéides des bacilles bovins comme ceux que l'on obtient chez le lapin, le cheval et l'homme, mais ils réagissent également et aussi bien avec les protéides des bacilles humains. Le même antigène est donc capable de produire des anticorps dont la spécificité est plus ou moins stricte selon l'espèce animale à laquelle il est injecté.

L'existence d'un antigène protéidique commun aux bacilles tuberculeux bovins et humains permet de faire un nouveau rapprochement entre l'antigène protéidique et la tuberculine. En effet, de même que l'anticorps protéidique des cobayes préparés avec des bacilles bovins lisses réagit indistinctement avec les antigènes protéidiques des bacilles humains et bovins, de même le derme du cobaye tuberculeux donne des réactions allergiques avec les tuberculines de ces deux types bacillaires. Nous avons déjà signalé (5) que l'antigène protéidique du bacille bovin est aussi thermostable que la tuberculine, et nous avons constaté qu'il réagit avec son anticorps jusqu'à des dilutions presque aussi faibles que celles qui provoquent encore des réactions tuberculiniques dans la peau des sujets tuberculeux. Ces faits viennent à l'appui de l'hypothèse suivant laquelle la réaction tuberculinique est liée à la réaction entre un anticorps cellulaire et les protéides du bacille de Koch.

En résumé, l'étude de la fraction protéidique des bacilles tuberculeux nous a révélé la présence, dans les bacilles du type bovin, d'un antigène spécifique de type qui permet de distinguer, par les réactions sérologiques, une souche d'origine bovine d'une souche d'origine humaine. Cet antigène

---

(4) *C. R. Soc. Biol.*, 120, 1935, p. 870.
(5) W. Schaefer, *C. R. Soc. Biol.*, 131, 1939, p. 746.

spécifique de type existe dans les cultures rugueuses du bacille bovin aussi bien que dans les cultures lisses de ce germe, mais il ne manifeste son pouvoir antigénique *in vivo* que dans les cultures lisses. Celles-ci produisent chez le lapin et chez le cheval auxquels elles sont injectées, des anticorps rigoureusement spécifiques pour les bacilles bovins, anticorps qu'on retrouve chez l'homme atteint de tuberculose à bacille bovin. Chez le cobaye, au contraire, elles provoquent, en général, la formation d'anticorps protéidiques qui réagissent à la fois avec les protéides du bacille bovin et avec ceux du bacille humain. Il apparaît donc que le bacille bovin contient deux antigènes protéidiques, l'un spécifique de type et l'autre commun à ce germe et au bacille humain. Selon l'espèce animale inoculée, l'un ou l'autre de ces antigènes protéidiques exerce une action prépondérante dans l'élaboration des anticorps.

A 15^h30^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 15^h40^m.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE JUIN 1939 (*fin*).

Le Nil souterrain dans la région de Nag-Hamadi avant et après la construction du barrage du fleuve (avec 1 planche), par CH. AUDEBEAU BEY. Extrait du *Bulletin de l'Institut d'Égypte*. Tome XX, session 1937-1938. Le Caire, Imprimerie de l'Institut français d'archéologie orientale, 1938; 1 fasc. 25^{cm} (présenté par M. M. Laubeuf).

Le Soja et les industries du Soja. Produits alimentaires. Huile de Soja. Lécithine végétale. Caséine végétale, par A. MATAGRIN. Paris, Gauthier-Villars, 1939; 1 vol. 18^{cm} (présenté par M. A. Chevalier).

Le cerf Sika, par FRANÇOIS VIDRON, in *Encyclopédie biologique*. Fascicule XX. Paris, Paul Lechevalier, 1939; 1 vol. 25^{cm} (présenté par M. M. Caullery).

Un cinquantenaire. L'Observatoire d'Ambohidempona à Tananarive, Madagascar, 1889-1939, par CHARLES POISSON S.-J. Paris, Éditions Dillen, 1939; 1 vol. 24^{cm}.

Université de Grenoble, 1339-1939. Grenoble, Imprimerie Allier Père et Fils, 1939; 1 vol. 28cm.

IVe Congresso internazionale di Patologia comparata. Roma, 15-20. *Maggio* 1939. I Volume. *Relazioni*. Milano, Industrie grafiche Italiane Stucchi, 1939-XVII; 1 vol. 25cm.

Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert Ier Prince souverain de Monaco. Fascicule CI. *Recherches d'océanographie physique et chimique faites pendant les croisières du Prince Albert Ier de Monaco*, par Divers Auteurs. Monaco, Imprimerie de Monaco, 1939; 1 volume 35cm,5 (présenté par M. P. Portier).

Annales de la Société royale zoologique de Belgique. Tome LXIX. *Volume jubilaire*. Année 1938. Bruxelles, Imprimerie Forton, 1939; 1 vol. 25cm,5.

ERRATA.

(Séance du 3 avril 1939.)

Note de M. *Louis Glangeaud* et Mme *Yvette Bonichon*, Sur les causes dynamiques des variations de la turbidité et du débit solide dans la Garonne maritime et la Gironde au cours des marées :

Page 1072, ligne 2, *au lieu de* Mme Yvonne Bonnichon, *lire* Mme Yvette Bonichon.

(Séance du 19 juin 1939.)

Note de M. *Dionisie Hacman*, Sur les propriétés optiques des couches très minces de potassium :

Page 1984, note (6), *au lieu de* $11^{m\mu},5$, *lire* $5^{m\mu},75$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 JUILLET 1939.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE BÉHAL.

MEMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur une loi corrective de la loi de Newton.* Note de M. **Jean Chazy**.

M. Popovici et M. Armellini ont considéré [1] la loi de force corrective de la loi de Newton, définie sur le segment joignant deux points matériels de masses m et m' situés à la distance r, par la valeur algébrique

$$F = -f\frac{mm'}{r^2}\left(1 + \varepsilon\frac{dr}{dt}\right), \tag{1}$$

où f est la constante de la gravitation universelle, et ε une constante positive extrêmement petite, qui par ses dimensions est l'inverse d'une vitesse linéaire : nous désignerons par V cette vitesse linéaire, qui d'après l'origine de la force F peut être notamment la vitesse de la lumière, soit $\varepsilon = 1/V$.

Dans le mouvement d'une planète par rapport au corps central, réduit à un point matériel O, fixe et de coefficient attractif $fm = \mu$, M. Popovici et M. Armellini ont déterminé la trajectoire correspondant à la force F. Cette force étant centrale, la trajectoire est plane, décrite suivant la loi des aires, et, par une application immédiate de la formule de Binet, peut être représentée par l'équation

$$\frac{1}{r} = \frac{1 + AE^{-k\theta}\cos\left[\sqrt{1-k^2}(\theta-\theta_0)\right]}{p};$$

[1] Popovici, *Bull. Astr.*, 3, 1923, p. 257-261; Armellini, *Atti della R. Accademia dei Lincei*, 26, 1937, p. 209-215, et 27, 1938, p. 609-614; Popovici, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 2052.

θ désigne un angle polaire compté à partir du pôle O et d'un axe fixe Ox, E désigne la base des logarithmes népériens, les constantes p et k sont données en fonction de la constante des aires C supposée positive par les formules $p = C^2/\mu$, $k = \varepsilon\mu/2C$, et A et θ_0 sont deux constantes d'intégration dont la première est positive. Avec la loi de Newton, pour $\varepsilon = 0$, le coefficient k est nul aussi, la constante A est l'excentricité de l'orbite, de l'ellipse si le mouvement est elliptique. Pour ε positif et petit, et quand l'angle θ tend vers $+\infty$, la trajectoire obtenue présente par rapport à l'ellipse un amortissement analogue à celui du mouvement vibratoire amorti par rapport au mouvement vibratoire ordinaire : dans le mouvement vibratoire amorti, le point matériel tend vers la position d'équilibre, ici la trajectoire tend vers la circonférence de centre O et de rayon p.

M. Armellini a calculé d'autre part, dans le mouvement d'une planète, la force corrective par rapport à l'attraction newtonienne due au terme en $\varepsilon\, dr/dt$ dans l'expression F et à la rotation du Soleil, ou du moins la valeur principale de cette force correspondant à un mouvement circulaire de la planète dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation du Soleil. Considérons un mouvement planétaire quelconque autour du Soleil, introduisons à partir du centre O et du coefficient attractif μ les éléments osculateurs classiques de ce mouvement, soit a, e, ι, Ω, ϖ, l_0, $n = \sqrt{\mu/a^3}$ et l'anomalie u, réduisons d'ailleurs le Soleil à une sphère homogène de rayon R animée d'une rotation d'ensemble de valeur absolue ω et dont la projection sur la perpendiculaire au plan du mouvement planétaire est ω_1 : la dérivée da/dt, selon l'équation différentielle de Lagrange, reçoit la correction

$$(2) \qquad \delta\frac{da}{dt} = \frac{2}{5}\,\frac{\varepsilon n R^2}{(1 - e\cos u)^4}\left(\omega_1\sqrt{1-e^2} - n\frac{1 + e\cos u}{1 - e\cos u}\right) - \frac{2\varepsilon n^2 a^2 e^2 \sin^2 u}{(1 - e\cos u)^4}.$$

Faisant $e = 0$, $\omega_1 = \omega$, on retrouve la correction correspondant à la force calculée par M. Armellini

$$(3) \qquad \delta\frac{da}{dt} = \frac{2}{5}\varepsilon n(\omega - n)R^2,$$

qui donne pour les différentes planètes un allongement du grand axe $2a$ et une accélération séculaire négative. Mais le second terme de l'expression (2) est au contraire négatif en général, et, pour les planètes classiques, sauf Vénus et Neptune, cette expression a une valeur moyenne négative. En outre, en valeur absolue, la même expression correspond notamment pour

Mercure et pour la Terre, et si V est la vitesse de la lumière, à des inégalités de la longitude moyenne voisines respectivement pour une révolution de 40″ et de 0″,1, et d'ailleurs proportionnelles aux carrés des temps, c'est-à-dire tout à fait inadmissibles. Et la même impossibilité subsiste dans les hypothèses moins simples qu'on peut faire sur la constitution et sur le mouvement du Soleil.

On remarque d'ailleurs que la correction (3), si l'on réduit le facteur $\omega - n$ à ω, devient identique à la correction qu'on obtient en valeur principale en supposant que l'attraction newtonienne a une vitesse de propagation finie $V = 1/\varepsilon$, et en calculant l'effet de la rotation du Soleil sur la longitude d'une planète selon l'hypothèse que Lehmann-Filhès a appliquée au mouvement de translation du système solaire; si au contraire on applique au mouvement de rotation du Soleil le raisonnement que, dans l'hypothèse aussi d'une vitesse de propagation finie de l'attraction newtonienne, Laplace a appliqué au mouvement de révolution des planètes autour du Soleil, on obtient une correction de même valeur absolue, mais de signe opposé. Et l'on sait ([2]) que les limites inférieures de la vitesse de propagation de l'attraction formées à partir des corrections précédentes sont de beaucoup supérieures à la vitesse de la lumière.

Avec les mêmes notations la dérivée di/dt reçoit, dans l'hypothèse antérieure, la correction

$$\delta\frac{di}{dt} = \frac{\varepsilon n R^2}{5a^3\sqrt{1-e^2}\sin i(1-e\cos u)^4}[z(px+qy+rz)-(r-\omega_1\cos i)a^2(1-e\cos u)^4],$$

où p, q, r désignent les trois composantes sur les axes de coordonnées de la rotation du Soleil, et x, y, z les expressions bien connues des trois coordonnées de la planète considérée. Si l'on néglige l'excentricité, l'expression précédente a pour valeur moyenne

$$(4) \qquad \delta\frac{di}{dt} = \frac{\varepsilon n R^2}{10a}[(p\sin\Omega - q\cos\Omega)\cos i - r\sin i],$$

et, pour $p = 0$, $q = 0$, $r = \omega$, se réduit à la valeur $-(\varepsilon\omega n R^2 \sin i)/10a$, calculée aussi par M. Armellini. En appliquant la formule (4) à Mercure et à Vénus, et si V est encore la vitesse de la lumière, on obtient, comme corrections de la dérivée di/dt en un siècle, des valeurs voisines de $-0'',15$

([2]) Cf. par exemple CHAZY, *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 1273, et **191**, 1930, p. 761.

et 0″,06, qui sont compatibles au contraire avec par exemple les valeurs de cette dérivée données ([3]) par Newcomb, soit respectivement : valeurs observées, 7″,14 et 3″,87; valeurs calculées avec la loi de Newton, 6″,76 et 3″,49; $O - C = 0'',38 \pm 0'',80$ et $0'',38 \pm 0'',33$.

Il résulte que *la loi de force* (1) peut être admise comme loi asymptotique dans une hypothèse cosmogonique où les orbites planétaires tendent vers la forme circulaire, mais cette loi *est incompatible avec les mouvements actuels des planètes, avec les formes des orbites et les accélérations connues de ces mouvements, si du moins la vitesse* V *ne dépasse pas notablement la vitesse de la lumière.*

On peut dire encore que *la loi considérée comporte par rapport à la loi de Newton un terme correctif du premier ordre*, c'est-à-dire du premier ordre par rapport au quotient de la vitesse relative des deux points attirés par la vitesse de la lumière ou par une vitesse de propagation analogue ou supérieure; ce terme produit sur les éléments des mouvements planétaires des perturbations du premier ordre aussi, c'est-à-dire des perturbations considérables *que l'on ne peut ramener à des valeurs acceptables que si l'on attribue à la vitesse* V *des valeurs de beaucoup supérieures à la vitesse de la lumière.* Au contraire les lois proposées pour expliquer notamment l'avance du périhélie de Mercure par rapport à la théorie newtonienne comportent des termes correctifs du second ordre par rapport au quotient de la vitesse relative des deux points attirés par la vitesse de la lumière, et ces lois produisent des effets du second ordre aussi, c'est-à-dire de l'ordre des effets observés ou admissibles dans les mouvements planétaires.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Variations de la teneur en bore des feuilles avec l'âge.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Lazare Silberstein**.

Nous avons montré, en opérant sur le Lis, que le bore est beaucoup plus abondant dans les feuilles que dans l'ensemble du végétal; en rapportant les résultats à la matière sèche, nous en avons trouvé plus de 10^{mg} par kilogramme dans les feuilles au lieu de 4,2 dans la plante entière, récoltée au moment de la floraison ([1]). Cette répartition est d'accord à la fois avec

---

([3]) *The elements of the four inner Planets and the fundamental constants of Astronomy*, p. 109.

([1]) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 796.

la fonction synthétique dévolue à l'organe foliaire et avec l'action positive jouée par le bore dans les processus nutritifs. Il semble donc qu'il doive exister une relation entre l'activité de la feuille et sa teneur en bore. Nous avons cherché cette relation en déterminant la teneur en métalloïde à différentes périodes du développement, depuis le bourgeon jusqu'à l'âge adulte et même au delà.

Les bourgeons ont été examinés au printemps, lorsqu'ils étaient gonflés et prêts à s'ouvrir; les petites feuilles ont été séparées des écailles qui les protégeaient et analysées isolément ([2]). Dans la suite, les feuilles ont été récoltées au fur et à mesure de leur accroissement; on a séparé les pétioles et opéré seulement sur les limbes. Ceux-ci ont été pesés, débarrassés des poussières qui pouvaient souiller leur surface par un rapide lavage à l'eau distillée, essuyés avec du papier à filtre et mis à sécher. Les dosages de bore ont été effectués par la méthode au curcuma dont nous nous sommes servis dans nos recherches antérieures. Les poids de substances sèches analysées étaient généralement compris entre $0^{g},5$ et 1^{g}; dans le cas de certains bourgeons, il s'est abaissé à environ $0^{g},3$ à cause de la plus grande difficulté de récolte de la matière première.

Les lots de feuilles, devant représenter des échantillons moyens, étaient en général très supérieurs à ceux nécessaires pour les dosages. Afin de faire des prises d'essai correctes, on réalisait la dessiccation en deux temps : on séchait d'abord à peu près les feuilles à l'étuve, jusqu'à ce qu'elles deviennent friables, on les réduisait en poudre au moulin, et c'est sur une portion aliquote de cette poudre, conservée dans un flacon, que l'on procédait, après une dessiccation à poids constant, au dosage du métalloïde.

Nous avons examiné les feuilles, récoltées l'année dernière, du Marronnier d'Inde (*Æsculus hippocastanum* L.), variété à fleurs rouges, du Fusain du Japon (*Evonymus japonicus*), du Sorbier des oiseaux (*Sorbus aucuparia* L.), du Lilas (*Syringa vulgaris* L.) et du Sapin épicéa (*Abies excelsa* D. C.), arbres et arbrisseaux cultivés dans le jardin de l'Institut Pasteur.

Dans l'exposé des résultats essentiels que nous donnons ici, les longueurs exprimées sont celles des limbes pour les feuilles entières (Fusain, Lilas et Sapin), et celles des folioles pour les feuilles composées (Marronnier et Sorbier).

([2]) Les écailles ont une teneur voisine des feuilles. On trouvera ce détail et quelques autres dans un Mémoire qui paraîtra prochainement.

Espèce.	Date des récoltes.	Longueur moyenne en cm.	Matière sèche (%).	Bore en mg par kg de matières fraîches.	Bore en mg par kg de matières sèches.
Marronnier					
Bourgeons........	15 mars		30,2	3,0	9,8
Feuilles..........	8 avril	3	21,5	1,3	6,2
»	30 avril	10	20,8	1,4	6,7
»	25 mai	20	26,5	2,1	7,8
»	20 juin	22	30,3	2,9	9,5
»	20 juillet	23	31,9	3,5	11,1
Fusain					
Bourgeons........	16 mars		18,4	1,5	8,1
Feuilles..........	8 avril	1,5	18,5	2,2	12
»	30 avril	3	25,9	3,3	12,8
»	25 mai	6	32,3	2,8	8,6
»	20 juin	7	34,5	3,0	8,7
»	20 juillet	7	39,8	3,2	8,1
Sorbier					
Bourgeons........	16 mars		21,7	2,1	9,8
Feuilles..........	8 avril	3	29,4	1,8	6,0
»	30 avril	6	30,6	2,8	9,3
»	25 mai	12	37,8	3,3	8,8
»	20 juin	12	41,5	3,0	7,2
»	20 juillet	12	43,8	1,9	4,4
Lilas					
Bourgeons........	16 mars		27,2	2,6	9,4
Feuilles..........	8 avril	3	26,4	1,9	7,2
»	30 avril	5	26,1	2,0	7,7
»	25 mai	10	24,4	1,5	6,1
»	20 juin	13	31,8	1,8	5,8
»	20 juillet	13	32,8	1,2	3,8
Sapin					
Bourgeons........	1er avril		20,8	1,8	8,8
Feuilles..........	20 avril	1	17,5	0,8	4,5
»	12 mai	1,5	27,7	1,0	3,7
»	5 juin	2	38,8	2,5	6,4
»	25 juin	2,5	39,4	2,0	5,2
»	25 juillet	2,5	44,2	2,4	5,4

Ces résultats rappellent singulièrement, par leur allure générale, ceux qui ont été obtenus par l'un de nous en collaboration avec Mme Rosenblatt

à propos du manganèse [3]. Cette fois encore, la teneur en oligoélément présente un maximum dans la première partie du développement de la feuille, c'est-à-dire dans sa période de plus intense activité physiologique, soit dès le bourgeon, soit un peu après l'épanouissement de celui-ci. La teneur en bore, comme celle du manganèse, subit ensuite une diminution plus ou moins durable et plus ou moins accentuée; enfin, dans certains cas aussi, il y a un relèvement final, tantôt faible, tantôt assez fort pour que la proportion de l'oligoélément arrive à dépasser dans la vieille feuille celle même du bourgeon. Mais, dans ces derniers cas, il y a peut-être dépôt progressif d'une partie du bore, comme aussi du manganèse, sous une forme presque insoluble et physiologiquement presque inactive. On sait déjà qu'il en est ainsi dans de nombreuses espèces pour le calcium.

M. E. **De Wildeman** fait hommage à l'Académie de *Notes sur des plantes médicinales et alimentaires du Congo Belge* (*Missions du « Foréami »*).

M. **W. Vernadsky** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire sur la *Géochimie du manganèse* (en langue russe).

COMMISSIONS.

La Commission de la fondation Villemot pour l'année 1939, constituée conformément au règlement, comprendra : MM. **A. Béhal**, **G. Perrier**, **É. Picard**, **A. Lacroix**, **H. Lebesgue**, **H. Villat**, **G. Fayet**, **C. Fabry**, **C. Jacob**, **A. Guilliermond**, **R. Fosse**, **C. Pérez**, **A. Gosset**, **A. de Gramont**, **E. Sergent**, **G. Charpy**.

ÉLECTIONS.

Par l'unanimité des suffrages, MM. **H. Deslandres** et **R. Bourgeois** sont désignés pour faire partie du *Conseil de Perfectionnement de l'École Polytechnique* pendant l'année scolaire 1939-1940.

---

[3] Gabriel Bertrand et Mme M. Rosenblatt, *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 491 et Mémoire *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 31, 1922, p. 345.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Gustave Rappin. *Observations sur les granulations colloïdales de la cellule cancéreuse.*

M. **Louis Dunoyer** adresse un Rapport relatif à l'emploi qu'il a fait de la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Villemot* en 1938.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Mouvement brownien linéaire et mouvement brownien plan.* Note (1) de M. **Paul Lévy** (2).

1. Soit $X(t)$ la fonction aléatoire de la variable positive t, à accroissements indépendants, ayant pour fonction caractéristique $e^{-t\frac{z^2}{2}}$; le processus ainsi défini est celui du *mouvement brownien linéaire;* $Y(t)$ désignera le maximum de $X(t')$ pour $t'\leqq t$, et $T(y)$ la fonction inverse de $Y(t)$; $T(y-0)$ et $T(y+0)$ sont bien définis pour tout y positif.

1° Si l'on sait qu'une valeur donnée de t est telle que $X(t)=Y(t)$, la probabilité des grandes valeurs de $X(t)$ est augmentée par ce renseignement : on a alors

$$\Pr\{X(t)>x\sqrt{t}\}=e^{-\frac{x^2}{2}} \qquad (x>0). \tag{1}$$

La même formule s'applique si l'on sait que $X(t)\geqq 0$ pour $t'\leqq t$ (3).

---

(1) Séance du 10 juillet 1939.

(2) Cette Note précise et complète les résultats de trois Notes antérieures [207, p. 1152-1154 et 1368-1370; 208, p. 318-320 (voir *Errata* à cette dernière Note, p. 776)]. Une nouvelle rectification nécessaire est la suivante : au n° 2 de la première de ces Notes, la propriété presque sûre indiquée pour la courbe Γ est bien exacte; la phrase indiquant l'extension de cette propriété aux courbes C_0, C_1 et Γ' doit être supprimée.

(3) Il s'agit de conditions dont la probabilité est nulle. Il faut, bien entendu, introduire d'abord une condition à probabilité très petite et passer à la limite. L'énoncé ici résumé se trouve précisé et démontré dans un Mémoire en cours d'impression d'où sont extraits tous les résultats qui constituent le n° 1 de la présente Note.

2° $T(y)$ est une fonction de y à accroissements aléatoires indépendants; la loi dont elle dépend est la loi stable étudiée au n° 2 de ma Note du 27 décembre 1938.

3° On sait que $Y(t)$ et $|X(t)|$ dépendent de la même loi; $Y(t)-X(t)$ dépend, non seulement de la même loi que $|X(t)|$, mais du même processus, c'est-à-dire que n'importe quelle propriété d'une fonction de t a la même probabilité d'être vérifiée par $Y(t)-X(t)$ et par $|X(t)|$. En particulier les ensembles E et F des racines de $|X(t)|$ et $Y(t)-X(t)$ ont les mêmes propriétés stochastiques.

4° Soit I (E') un des intervalles constituant le complément de E; si l'on connaît l'origine t' d'un tel intervalle et si l'on sait que sa longueur L dépasse un nombre positif l_0, et cela sans avoir aucun autre renseignement sur les valeurs de $X(t)$ pour $t>t'$, on a

$$\Pr\{L>l\}=\sqrt{\frac{l_0}{l}} \qquad (l>l_0). \tag{2}$$

5° Soit $N(t, l)$ le nombre des intervalles I(E') intérieurs à $(0, t)$ et de longueurs supérieures à l; $N(t, l)\sqrt{l}$ a presque sûrement, quand l tend vers zéro, une limite positive $S(t)$; $S(t)$ dépend du même processus que $\sqrt{2/\pi}\,Y(t)$, qui est la fonction obtenue en remplaçant E par F dans la définition de $S(t)$.

6° Soit $S(t, x)$ la fonction qui remplace $S(t)$ quand on remplace E par l'ensemble des racines de $X(t)=x$. L'intégrale

$$\Phi(t, x)=\sqrt{\frac{\pi}{2}}\int_{-\infty}^{x} S(t, \xi)\,d\xi \tag{3}$$

représente la mesure de l'ensemble des valeurs de t' telles que $t'<t$, $X(t')<x$.

2. *Le mouvement brownien plan* est obtenu en associant à $X(t)$ une fonction $X_1(t)$, indépendante de $X(t)$, dépendant du même processus. Nous désignerons par $M(t)$ le point de coordonnées X et X_1.

Il résulte de ma Note du 12 décembre 1938 que l'aire limitée par l'arc décrit par $M(t')$ pour $0\leqq t'\leqq t$ et sa corde a une mesure $A(t)$ bien définie. La signification précise de cet énoncé est la suivante : soit $t_1, \ldots, t_n, \ldots$, une suite de nombres constituant un ensemble partout dense de 0 à t; soit $A_n(t)$ l'aire obtenue en remplaçant la courbe lieu de $M(t')$ par la ligne brisée ayant pour sommets $A(0)$, $A(t)$, et les $n-1$ premiers points $A(t_\nu)$, rangés dans l'ordre des t_ν croissants; $A_n(t)$ a presque sûrement une

limite $A(t)$. Si l'on définit de deux manières différentes la suite des t_n, on obtient presque sûrement dans les deux cas la même limite $A(t)$, pourvu que la définition des t_n soit indépendante du choix de $X(t)$; sans cette restriction on peut obtenir n'importe quelle limite entre zéro et l'infini (inclus), ou n'obtenir aucune limite.

La fonction $A(t)$ vérifie l'équation différentielle stochastique

$$\Delta A(t) = \frac{1}{2} R\eta\sqrt{\Delta t} + A_1(t, \Delta t), \tag{4}$$

où $R^2 = X^2 + X_1^2$; η est une variable gaussienne réduite, indépendante de R et de $A(t)$; $A_1(t, \Delta t)$ dépend, pour chaque t, de la même loi que $A(\Delta t)$; sa valeur probable est nulle. Par la méthode de S. Bernstein, en posant

$$\Pr\{A(t) < \alpha t,\ R(t) < \rho\sqrt{t}\} = G(\alpha, \rho),$$

on obtient l'équation

$$2\alpha G'_\alpha + \frac{\rho^2 - 1}{\rho} G'_\rho + \frac{\rho^2}{4} G''_{\alpha^2} + G''_{\rho^2} = 0, \tag{5}$$

qui, compte tenu de ce que G est une fonction de répartition et que

$$G(+\infty, \rho) = 1 - e^{-\frac{\rho^2}{2}},$$

détermine cette fonction.

Indiquons enfin que, si $0 < u < t$, l'aire du triangle $A(0)\,A(u)\,A(t)$ dépend de la loi définie par

$$\Pr\left\{|S| > \frac{\sigma}{2}\sqrt{u(t-u)}\right\} = e^{-\sigma} \qquad (\sigma > 0), \tag{6}$$

les deux signes étant également probables.

STATISTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Une méthode d'analyse des corrélations et son application.* Note (1) de M. **Pierre Delaporte**, présentée par M. Emile Borel.

Nous avons indiqué comment le critère des tétrades de l'analyse factorielle peut avantageusement être remplacé par celui de la communauté d'intervalles d'échantillonnage pour les rapports de la forme t_{AJ}/t_{BJ}

(1) Séance du 26 juin 1939.

ou r_{AJ}/r_{BJ}, suivant qu'on utilise la relation (2) en covariances ou la relation (1) en coefficients de corrélation.

Pour déterminer pratiquement les intervalles d'échantillonnage, on peut négliger la corrélation R' entre $(r_{AJ} - \rho_{AJ})$ et $(r_{BJ} - \rho_{BJ})$ qui provient de ce que : 1° les caractères ABJ ont été mesurés sur les individus d'un même échantillon (corrélation R); 2° les mesures de ABJ sont entachées d'erreurs; 3° les caractères n'ont pas une stabilité parfaite; on formera alors un abaque des limites que peut atteindre le rapport r_{AJ}/r_{BJ} lorsque chacun des coefficients de corrélation r_{AJ} et r_{BJ} d'un échantillon de n individus prend toutes les valeurs possibles autour de ρ_{AJ} avec une probabilité P, par exemple 0,90; ces limites sont données par

$$\int_{-1}^{{}_1r} p(r \mid n, \rho)\, dr = 0{,}05 \qquad \text{et} \qquad \int_{{}_1r}^{+1} p(r \mid n, \rho)\, dr = 0{,}95,$$

où $p(r \mid n, \rho)$ indique la probabilité d'obtenir un coefficient de corrélation r dans un échantillon de n individus prélevé dans une population distribuée suivant une loi de Gauss à deux variables de coefficient de corrélation ρ. Pour toutes les valeurs de n où l'on ne possède pas de table de la loi de distribution de r, on peut utiliser la transformation de R. A. Fisher qui donne pour les valeurs limites de r

$${}_1r = \operatorname{tgh}\left(\arg\operatorname{tgh}\rho + \frac{\varpi}{\sqrt{n-3}}\right), \qquad {}_ir = \operatorname{tgh}\left(\arg\operatorname{tgh}\rho - \frac{\varpi}{\sqrt{n-3}}\right),$$

où ϖ est l'écart tel que la probabilité, d'après une loi de Gauss réduite, d'observer un écart supérieur à ϖ soit la probabilité P.

Les intervalles ainsi déterminés sont tels que, d'après la relation (1), $\rho_{A\Gamma}/\rho_{B\Gamma}$ a une probabilité comprise entre 0,01 et 0,10 de s'y trouver : 0,01 si $R' = 0$; 0,10 si $R' = 1$.

Pour étudier la communauté des intervalles, nous indiquerons par $AB[cde\ldots l]$ que tous les intervalles permettant d'estimer le rapport $r_{A\Gamma}/r_{B\Gamma}$ ont une partie commune si l'on utilise pour cela les caractères CDE...L. $AB[cd, efg, h\ldots l]$ signifierait qu'il existe trois parties communes distinctes : la première pour CD, la deuxième pour EFG, la troisième pour H...L. Il existe de nombreuses relations entre ces expressions qui permettent, au moins dans des cas simples, de déterminer le schéma le plus simple de décomposition en facteur général et facteurs de groupes. On peut montrer que :

1° Si les $h-1$ relations $AB[cd\ldots gh]$, $AC[bd\ldots gh]$, ..., $AH[bcd\ldots g]$

sont vérifiées, toutes les $3C_h^4$ tétrades comprenant les caractères ABCD...GH sont vérifiées et un seul facteur général suffit à rendre compte de toutes leurs corrélations.

2° Si AB[c, d], AC[b, d], AD[bc], il existe un facteur général Γ entre ABCD et un facteur de groupes entre les caractères D et A ou B; alors si G est un caractère tel que AB[c, dg] et AG[bcd], le facteur de groupe se trouve entre B et C, au contraire si AB[cg, d] et AG[bc, d] il est entre A et D.

L'étude des intervalles permet donc de déterminer statistiquement la position des facteurs de groupes, donc de connaître quels sont les coefficients de corrélation qui doivent être exprimés en fonction du seul facteur général; chacun de ces coefficients doit être exprimé par une équation de la forme $r_{JK} = r_{J\Gamma} r_{K\Gamma} + \varepsilon_{JK}$. En résolvant ce système de p équations à q inconnues de telle manière que la somme des carrés des ε_{JK} soit aussi petite que possible, on obtient les valeurs de r_{JK} et l'on peut vérifier que $\sqrt{(\Sigma_p \varepsilon_{JK}^2)/(p-q)}$ est de l'ordre de grandeur de l'écart type de la moyenne des coefficients de corrélation utilisés.

Pour les caractères ayant entre eux un facteur de groupe on peut calculer les corrélations résiduelles r'_{HK} après élimination du facteur général, par les équations $r'_{HK} = r_{HK} - r_{H\Gamma} r_{K\Gamma}$. On peut alors dégager les facteurs de groupes à partir des r'_{HK} d'une manière analogue à celle qui a été utilisée pour calculer les corrélations avec le facteur général.

Voici, à titre d'exemple très simple, l'analyse que nous avons faite d'un ensemble de corrélations calculées par W. R. Mac Donnel sur 7 dimensions corporelles de 3000 hommes adultes et sur lequel C. Spearman a reconnu que la représentation par un facteur général était impossible. Les dimensions mesurées sont : A, longueur de la tête; B, largeur de la tête; C, largeur du visage; longueurs : D, du médius gauche; E, du cubitus gauche; F, du pied gauche; G, taille. L'étude des intervalles a montré qu'il devait exister deux facteurs de groupes : le premier Θ relatif aux mesures de la tête, le second Ω s'étendant aux quatre autres mesures; le facteur général Γ s'étend donc seulement à tous les coefficients de corrélation r_{jk} où j représente un des caractères de Θ, et k un de Ω. Toutes les corrélations d'un caractère avec Γ sont fonctions d'un paramètre λ, de telle manière que les corrélations entre un caractère de Θ et un de Ω en sont indépendantes, tandis que celles de deux caractères de Θ ou de Ω sont fonctions de λ^2. On peut alors déterminer λ, et donc Γ, de telle sorte que Γ explique au mieux les corrélations de Θ ou de Ω. La détermination de λ

par Ω a une erreur quadratique moyenne beaucoup plus faible que celle par Θ; si l'on adopte cette détermination par Ω, voici les coefficients de corrélation qu'on obtient avec le facteur général et les facteurs de groupes.

Facteur	A.	B.	C.	D.	E.	F.	G.
général Γ......	0,368	0,194	0,377	0,767	0,840	0,965	0,913
de la tête Θ....	0,394	0,839	0,649	–	–	–	–
du bras.......	–	–	–	0,450 μ	0,450/μ	–	–
du pied.......	–	–	–	–	–	—0,381 ν	0,381/ν

μ et ν étant des paramètres indéterminés.

TOPOLOGIE. — *Un exemple d'espace normal non susceptible d'une structure uniforme d'espace complet.* Note de M. **Jean Dieudonné**, présentée par M. Élie Cartan.

1. J'ai étudié [1] le problème, posé par M. A. Weil [2], de trouver des conditions pour qu'un espace topologique puisse être muni d'une structure uniforme d'espace complet, compatible avec sa topologie [3]. J'ai montré, entre autres, qu'il existe des espaces uniformes *complets* et *non normaux*, mais j'ai laissé en suspens la question de savoir si tout espace normal est ou non susceptible d'être muni d'une structure uniforme d'espace complet. Grâce à un résultat sur les nombres transfinis, qui m'a été communiqué par M. Aronszajn, je vais montrer que la réponse à cette question est *négative*.

2. Sur un ensemble *bien ordonné* E, on définit une topologie en prenant, pour système fondamental de voisinages d'un point x, les intervalles semi-ouverts à gauche, d'extrémité x (un tel intervalle étant l'ensemble des éléments z de E tels que $y < z \leq x$; y pouvant prendre toutes les valeurs $< x$). Cet espace satisfait visiblement à l'axiome de Hausdorff; il est, en outre, *complètement normal* (et, par suite, *normal*). En effet, si A et B sont deux parties de E telles que $A \cap \overline{B}$ et $B \cap \overline{A}$ soient vides, à tout point x de A, on peut associer la *borne supérieure* y'_x des éléments z de B qui sont $< x$; d'après l'hypothèse sur A et B, on a $y'_x < x$; soit V_x l'intervalle

(1) *Sur les espaces uniformes complets* (*Annales de l'École Normale supérieure*, sous presse).

(2) *Act. scient. et industr.*, n° 551, Paris, 1937, p. 38.

(3) La terminologie et les notations utilisées sont celles de N. Bourbaki et de ses collaborateurs.

semi-ouvert à gauche d'origine y'_x et d'extrémité x. On associe de même à tout point x de B l'intervalle semi-ouvert à gauche W_x, d'origine y''_x et d'extrémité x, y''_x étant la borne supérieure des éléments de A qui sont $< x$. Soit V la réunion des V_x lorsque x parcourt A, W la réunion des W_x lorsque x parcourt B. Il est clair que V et W sont des ensembles *ouverts* dans E, contenant respectivement A et B, et sans point commun.

3. On vérifie aisément que E est *compact* (4) s'il admet un plus grand élément, *localement compact* dans le cas contraire; pour qu'un ensemble fermé dans E soit compact, il faut et il suffit qu'il soit *borné.*

Prenons alors pour ensemble E l'ensemble des *nombres transfinis de seconde classe;* nous allons voir qu'il ne peut être muni que d'*une seule* structure uniforme compatible avec la topologie définie ci-dessus, et que cette structure *n'est pas une structure d'espace complet.*

En effet, soit Δ la diagonale de $E \times E$, V un voisinage de Δ. Si, à tout $x \in E$, on associe un intervalle I_x, semi-ouvert à gauche, d'extrémité x, tel que $I_x \times I_x$ soit contenu dans V, la réunion W des ensembles $I_x \times I_x$ est encore un voisinage de Δ (contenu dans V) dans $E \times E$. Nous allons voir qu'il existe un point $a \in E$ tel que, si S_a désigne l'ensemble des points $z \geqq a$, W contienne l'ensemble $S_a \times S_a$. Sinon, en désignant par y_x l'origine de I_x, on aurait la propriété suivante : quel que soit $z \in E$, il existe $z' \in E$ tel que, pour tout $x \geqq z'$, $y_x \geqq z$. Définissons alors par récurrence la suite (z_n) de points de E telle que $z_1 = 1$, et que z_{n+1} soit le plus petit élément z' tel que, pour tout $x \geqq z'$, on ait $y_x \geqq z_n$. La suite (z_n) a une borne supérieure b dans E; puisque $b \geqq z_{n+1}$ quel que soit n, on a $y_b \geqq z_n$ quel que soit n, donc $y_b \geqq b$, ce qui est absurde (5).

Soit alors E′ l'ensemble formé de E et du premier nombre de troisième classe Ω; en le munissant de la topologie définie au n° 2, il est *compact*, et E en est un sous-espace. Comme S_a est la trace sur E d'un voisinage de Ω dans E′, on conclut de ce qui précède que V est la *trace*, sur $E \times E$, d'un *voisinage* de la diagonale Δ' de $E' \times E'$; la théorie générale des espaces uniformes montre alors que la *seule* structure uniforme sur E, compatible avec sa topologie, est celle qui est *induite* sur E par celle (unique) de l'espace compact E′; muni de cette structure, E n'est évidemment pas complet (6).

---

(4) *Bicompact* dans la terminologie de Hopf-Alexandroff.

(5) Ce raisonnement m'a été communiqué par M. Aronszajn.

(6) Le raisonnement est identique à celui qui est fait, à propos d'un espace analogue, dans le n° 6 de mon Mémoire cité plus haut; on s'appuie sur le fait que, en vertu de

4. Un raisonnement analogue au précédent permet de montrer que E satisfait à l'axiome des espaces normaux d'une manière assez particulière; en effet, *si* A *et* B *sont, dans* E, *deux ensembles fermés non vides tels que* $A \cap B$ *soit vide, l'un au moins est compact.*

Supposons le contraire; on pourrait alors définir une suite (u_n) de points de E de la manière suivante : u_1 serait le plus petit point de A, u_2 le plus petit point de B qui soit $> u_1$, et, d'une façon générale, u_{2n+1} serait le plus petit point de A qui soit $> u_{2n}$, u_{2n+2} le plus petit point de B qui soit $> u_{2n+1}$. Si a est la borne supérieure de la suite (u_n), on voit que a appartiendrait à la fois à A et B, puisque ces ensembles sont fermés. Mais cette conclusion est contraire à l'hypothèse.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les familles normales de fonctions holomorphes* (α). Note (1) de M. **Juan-Carlos Vignaux**, présentée par M. Paul Montel.

1. Un théorème classique de M. P. Montel prouve qu'une famille de fonctions holomorphes et bornées dans un domaine fermé (D) forme une famille normale (2). Dans la présente Note, nous nous proposons de généraliser ce théorème aux *fonctions holomorphes* (α) introduites par M. D. Pompeiu (3).

I. *Si une famille des fonctions* $f(z)$ *holomorphes* (α) *à l'intérieur d'un domaine* (D) *est bornée dans son ensemble sur le contour* C, *avec sa dérivée aréolaire* $\varphi(z)$ *bornée dans* (D), *elle forme une famille normale dans l'intérieur de* (D).

On le démontre en utilisant la formule intégrale de M. Pompeiu

$$f(z) = \frac{1}{2\pi i}\int_C \frac{f(t)\,dt}{t-z} - \frac{1}{\pi}\iint_D \frac{\varphi(v)}{v-z}\,d\omega,$$

et les inégalités de M. Denjoy (4) et de M. Theodoresco (5).

---

la propriété démontrée ci-dessus, le filtre des complémentaires des ensembles relativement compacts est un *filtre de Cauchy* pour toute structure uniforme compatible avec la topologie de E (fait qui suffit déjà à montrer qu'une telle structure ne peut être une structure d'espace complet).

(1) Séance du 24 avril 1939.

(2) *Leçons sur les familles normales de fonctions analytiques...*, Paris, 1927.

(3) *Rendiconti di Palermo*, **23**, 1912, p. 108; **35**, 1913, p. 277.

(4) *Comptes rendus*, **148**, 1909, p. 1154.

(5) *Thèse*, Paris, 1931.

Le théorème de M. Montel correspond au cas de $\varphi(z) \equiv 0$ dans D.

M. Montel a prouvé par l'exemple $f_n(z) = \sin(nx)/n$, $(z = x + iy)$ que la convergence uniforme d'une succession n'est pas suffisante pour assurer la convergence de la suite de ses dérivées aréolaires. Je démontre le théorème suivant :

II. *Étant donnée une suite $f_n(z)$ de fonctions holomorphes (α) en* D, *uniformément convergente vers $f(z)$ sur le contour fermé* C, *si la suite de ses dérivées aréolaires $\varphi_n(z)$ continues converge uniformément dans le domaine* (D) *vers $\varphi(z)$, la fonction limite $f(z)$ est holomorphe (α) et sa dérivée aréolaire est $\varphi(z)$.*

On le prouve en considérant la fonction

$$F(z) = \frac{1}{2\pi i}\int_C \frac{f(t)\,dt}{t-z} - \frac{1}{\pi}\iint_D \frac{\varphi(v)}{v-z}\,d\omega,$$

et utilisant un théorème de M. Theodoresco ([6]). Si l'on a $\varphi(z) \equiv 0$ dans D, on retrouve un théorème classique.

On étend aussi le théorème de M. Montel ([7]) relatif aux successions de fonctions holomorphes bornées.

Si les dérivées aréolaires $\varphi(z)$ sont des fonctions harmoniques, les théorèmes antérieurs subsistent dans l'hypothèse où les fonctions $f(z)$ et $\varphi(z)$ sont bornées sur C.

Les théorèmes I et II se généralisent pour les fonctions polygènes de deux variables complexes en utilisant la formule intégrale ([8]) de M. Pompeiu et le théorème correspondant de M. Montel ([9]).

2. Pour les familles de fonctions polygènes d'une variable complexe biduelle ([10]), on a le théorème :

III. *Une famille de fonctions polygènes biduelles $f(z)$, bornée dans son ensemble dans un domaine* (V), *forme une famille normale.*

3. La notion de famille normale de fonctions holomorphes et le théorème fondamental, se généralisent pour les fonctions monogènes de quaternions

---

([6]) *Loc. cit.*, p. 33.

([7]) *Leçons sur les séries de polynomes...*, Paris, 1910, p. 18.

([8]) J.-C. VIGNAUX, *Anales de la Soc. Cient. Argentina*, **120**, 1935, p. 28; A. TONOLO, *Rendiconti del Sem. Matem. di Padova*, **120**, 1935, p. 10; A. MARTINELLI, *Reale Accad. d'Italia*, **3**, 1937, p. 65.

([9]) *Loc. cit.*, p, 241.

([10]) J.-C. VIGNAUX, *Rend. R. Accad. N. Lincei*, **27**, 1° sem., fasc. 12, 1938, p. 641.

et les fonctions analytiques d'une variable hypercomplexe en utilisant les formules intégrales de M. Moisil ([11]), de M. Fueter ([12]) et de M. Martinelli ([13]).

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur les orbites relativistes des planètes.* Note ([1]) de M. **Théophile T. Vescan**, présentée par M. Louis de Broglie.

En partant de la théorie de Lockyer et Russell sur l'évolution des étoiles ([2]), j'ai montré que l'énergie radiée par le Soleil, qui, d'après la théorie de la relativité, correspond en réalité à une diminution de sa masse, donne lieu à une variation de cette masse, soit μ, qu'on peut représenter en fonction du temps par une exponentielle

$$\mu = \mu_0 e^{-qt},$$

où $\mu_0 = 2.10^{33}$ gr est la masse actuelle du Soleil, et où l'on a $q = 3/10^{21}$ avec la seconde pour unité de temps.

Plus tard une loi analogue de la variation des volumes des étoiles a été donnée par L. Demozay ([3]) à l'aide de considérations tout à fait particulières.

Dans une première approximation, à cause de la petitesse de q, cette loi de la variation de la masse solaire est linéaire :

$$\mu = \mu_0(1 - qt).$$

La loi de Newton se trouve ainsi modifiée et l'on arrive à un problème de H. Gyldén ([4]) dont nous avons obtenu la solution par une voie tout à fait élémentaire, en appliquant la méthode des approximations successives ([5]).

En ce qui concerne les trajectoires des planètes, leurs orbites, en concor-

---

([11]) *Bull. des Sc. Math.*, 55, 1931, p. 98; M. Nicolesco, *Thèse*, Paris, 1928.
([12]) *Commentarii Mathematici Helvetici*, 7, 1934, p. 307.
([13]) *Reale Accad. d'Italia*, 9, n° 7, 1938, p. 272.

([1]) Séance du 10 juillet 1939.
([2]) *Bull. scient. de l'École Polytechnique de Timişoara*, 7, 1938, p. 37.
([3]) *Rev. gén. des Sciences*, 49, 15 mai 1938, p. 231.
([4]) *Astr. Nachr.*, 109, 1884, p. 1.
([5]) *Bull. scient. de l'École Polytechnique de Timişoara*, 7, 1938, p. 214.

dance avec la relativité, sont des *rosettes*, mais des *rosettes* avec des boucles, de plus en plus grandes, dont les agrandissements ne sont pas encore décelables expérimentalement.

En écrivant, en effet, la loi de Newton sous la forme

$$f = -\mathrm{K}\frac{m\mu_0}{r^2}e^{-qt} \cong \mathrm{K}\frac{m\mu_0}{r^2}(qt-1),$$

et, en tenant compte de la loi des aires,

$$r^2\frac{d\varphi}{dt} = \mathrm{C},$$

où m est la masse de la planète, $\mathrm{K} = 6,65.10^{-8}$ la constante de Newton, φ l'anomalie vraie et $\mathrm{C} = \sqrt{\mathrm{K}a\mu_0(1-e^2)}$ la constante [6] des aires, on arrive à l'expression

$$f = \frac{\mathrm{K}\mu_0 m}{r^2}\left(\frac{q}{\mathrm{C}}\int_0^{\varphi} r^2\,d\varphi - 1\right)$$

de la force newtonienne; et, à l'aide de la formule de Binet, et par une nouvelle approximation, à partir de la formule élémentaire $r = b^2/a(1+e\cos\varphi)$, à l'équation de la trajectoire

$$\frac{d^2}{d\varphi^2}\left(\frac{1}{r}\right) + \frac{1}{r} = \frac{\mathrm{K}\mu_0 q b^4}{a^2\mathrm{C}^3(1-e^2)^{\frac{3}{2}}}(2e\sin\varphi - \varphi) + \frac{\mathrm{K}\mu_0}{\mathrm{C}^2}.$$

En cherchant pour cette équation une solution de la forme

$$\frac{1}{r} = \frac{\mathrm{K}\mu_0}{\mathrm{C}^2}(1+e\cos\varphi)\psi(\varphi)$$

imposée par les considérations astronomiques, on obtient

$$\psi(\varphi) = 1 - \frac{q b^4 \varphi}{a^2\mathrm{C}(1-e^2)^{\frac{3}{2}}}$$

et donc

$$r \cong \frac{a(1-e^2)}{1+e\cos\varphi}\left(1+\frac{qa^2\varphi}{\sqrt{ka\mu_0}}\right).$$

Les grands axes des orbites planétaires, des rosettes relativistes, s'accroissent donc, en chaque révolution, de la quantité

$$\Delta a = \frac{2\pi q a^3}{\sqrt{ka\mu_0}}.$$

---

(6) P. Appell, *Traité de Mécanique rationnelle*, **1**, 5e édit., 1926, p. 396-397.

Le tableau suivant nous indique les résultats numériques, en centimètres.

Planète.	a.	Δa.
Mercure	$5,8.10^{12}$	0,2
Vénus	$1,1.10^{13}$	1,0
Terre	$1,5.10^{13}$	2,4
Mars	$2,3.10^{13}$	6,8
Jupiter	$7,8.10^{13}$	146,3
Saturne	$1,4.10^{14}$	668,7
Uranus	$2,3.10^{14}$	3 843,0
Neptune	$4,5.10^{14}$	11 806,0
Pluton	$6,0.10^{14}$	24 010,0

On constate très rapidement que, au point de vue expérimental, ces variations n'entraînent aucune variation des parallaxes des planètes. Leur introduction n'a donc qu'un intérêt purement théorique pour l'évolution de l'Univers.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Librations des apsides de certaines orbites peu excentriques*. Note de M. **Hervé Fabre**, présentée par M. Jean Chazy.

Nous nous proposons d'examiner, dans les cas de commensurabilité approchée simple entre les moyens mouvements des astéroïdes et celui de Jupiter, la nature des *perturbations causées par l'excentricité jovienne*, que nous avons précédemment ([1]) supposée nulle dans un but de simplification. Il y a d'abord un effet bien connu sous le nom d'*excentricité forcée*; il est indépendant de toute commensurabilité et nous le laisserons de côté. La masse de Jupiter rapportée à celle du Soleil étant représentée par $M\varepsilon$ (ε petit), l'excentricité ε' de Jupiter pourra être prise égale à $K\sqrt{\varepsilon}$, et *nous envisagerons la catégorie d'orbites troublées dont l'inclinaison est nulle et dont l'excentricité est du même ordre que e'*. Le développement du potentiel des forces, en négligeant ε^2 et en prenant le demi-axe polaire positif dirigé vers le périhélie de Jupiter, comprend, en plus de chaque terme en $\varepsilon\cos[h\theta - hn'(t-t_0)]$ du problème restreint, un terme en $\varepsilon e'\cos[h\theta-(h+1)n'(t-t_0)]$ et un terme en $\varepsilon e'\cos[h\theta-(h-1)n'(t-t_0)]$.

L'équation différentielle permettant d'étudier le déplacement de la

([1]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 730 et 2054.

ligne des apsides est réductible à la forme

$$(1) \qquad \frac{d^2\varsigma}{d\theta^2} + [1 - \varepsilon Q(\theta)]\varsigma = - \varepsilon P(\theta) + \text{termes en } \varepsilon\sqrt{\varepsilon} + \ldots,$$

où $Q(\theta)$ et $P(\theta)$ sont des séries trigonométriques dont les arguments se déduisent des arguments $h\theta - hn'(t - t_0)$ et $h\theta - (h \pm 1)n'(t - t_0)$ par substitution de $(\theta - \theta_0)/n$ à $t - t_0$. Les termes de $P(\theta)$ n'auraient aucune influence sur le moyen mouvement des apsides si l'excentricité jovienne était nulle, car ils donneraient seulement des quantités de l'ordre de ε dans l'expression de r. Mais si l'on prend l'ensemble des termes en $\varepsilon e' \cos\theta$ qui figurent dans $\varepsilon P(\theta)$, ils donnent lieu, d'après l'intégration de (1) faite en remplaçant $Q(\theta)$ par sa valeur moyenne, à une quantité en $e' \cos\theta$ ne contenant plus ε en facteur et pouvant constituer, dans certains cas, la partie variable la plus importante de $1/r - 1/a$. *Le périhélie de l'astéroïde est alors animé d'une libration de part et d'autre du périhélie de Jupiter*, résultat qui n'est lié à aucune commensurabilité approchée ou exacte.

Le même phénomène peut-il se produire dans les cas de commensurabilité exacte qui rendent les termes en $e' \cos[k\theta - (k \pm 1)n'(\theta - \theta_0)/n]$ de la fonction P égaux à des termes en $e' \cos(\theta + l)$?

Deux conditions sont exigibles pour cela : 1° la partie due à ces termes dans l'expression du rayon vecteur doit être prépondérante; on se rend compte que la chose est possible; 2° une équation en nombres entiers doit être vérifiée, ce qui donne pour k, dans la région entre Mars et Jupiter, les valeurs 2, 3, 4, 5, avec les rapports respectifs de commensurabilité 3/1, 2/1, 5/3, 3/2 et des librations correspondantes de part et d'autre des angles $-\theta_0$, $-2\theta_0$, $-3\theta_0$, $-4\theta_0$. Toutes ces solutions correspondent précisément aux rapports simples qui produisent des *zones d'instabilité* des mouvements dans la région considérée. *Cela ne veut pas dire que les librations des périhélies soient impossibles au voisinage de ces zones, mais elles ne peuvent avoir lieu que temporairement.*

D'abord parce que la libration du périhélie entraîne, à la longue, de fortes perturbations dues à des termes en $\varepsilon\sqrt{\varepsilon}\theta$ dans le second membre de (1), et qu'un écart tant soit peu appréciable de la commensurabilité exacte transforme la libration ($k = 2, 3, 4, 5, \ldots,$) en révolution directe ou rétrograde (sauf les oscillations), suivant que n/n' devient inférieur ou supérieur au rapport à termes entiers. Ensuite il faut faire intervenir l'instabilité de n dans la zone critique, qui est très voisine de la commensurabilité exacte.

S'il s'agit, au lieu du mouvement des apsides, de celui des nœuds pour une orbite d'inclinaison faible, l'équation différentielle qui remplace (1) est facile à former, mais elle ne comporte pas de second membre, donc pas de librations.

Un autre problème intéressant est celui du déplacement des apsides d'une orbite peu excentrique dans le champ de forces

$$U = \frac{1}{r} + \frac{\varepsilon}{r^3}\left[1 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{G^h}{r^{2h}} + \left(\frac{A_1}{r} + \frac{B_1}{r^3} + \ldots\right)\cos\psi + \sum_{h=2}^{\infty}\left(\frac{A_h}{r^{h-2}} + \frac{B_h}{r^h} + \ldots\right)\cos h\psi\right],$$

avec $\psi = k(\theta - nt) +$ fonction périodique de t, de période $2\pi/n'$, champ dans lequel on peut concevoir le mouvement des centres des composantes d'une *étoile double dans l'hypothèse de Walter*. Après avoir écrit les équations du mouvement, on doit remplacer t par θ/n, puis expliciter les coefficients des développements (²). Les fonctions $P(\theta)$ et $Q(\theta)$ de l'équation (1) sont remplacées par des fonctions périodiques de période $2\pi n/n'$, d'où des *zones d'instabilité* des mouvements voisines des valeurs entières de $2n/n'$ (Walter prend $n' = n$). *Les mouvements des périastres sont directs ou rétrogrades à l'intérieur et auprès de ces zones; les librations prolongées sont impossibles.*

Signalons enfin que les déplacements apsidaux des orbites fortement excentriques mériteraient, dans les cas de commensurabilité approchée simple, une étude spéciale.

PHYSIQUE. — *Sur l'influence de la densité du milieu gazeux sur la propagation d'un jet liquide.* Note (¹) de M. **Roger Kling**, présentée par M. Aimé Cotton.

J'ai signalé (²) qu'il se forme, dans certains cas, des ondes de Mach à la pointe d'un jet liquide. Pour se rapprocher des conditions de l'injection dans les moteurs, les essais ont été poursuivis en injectant le liquide (gas-oil) dans une bombe munie de fenêtres et remplie d'un gaz sous pression.

Le jet est photographié par la méthode des stries à l'aide de deux

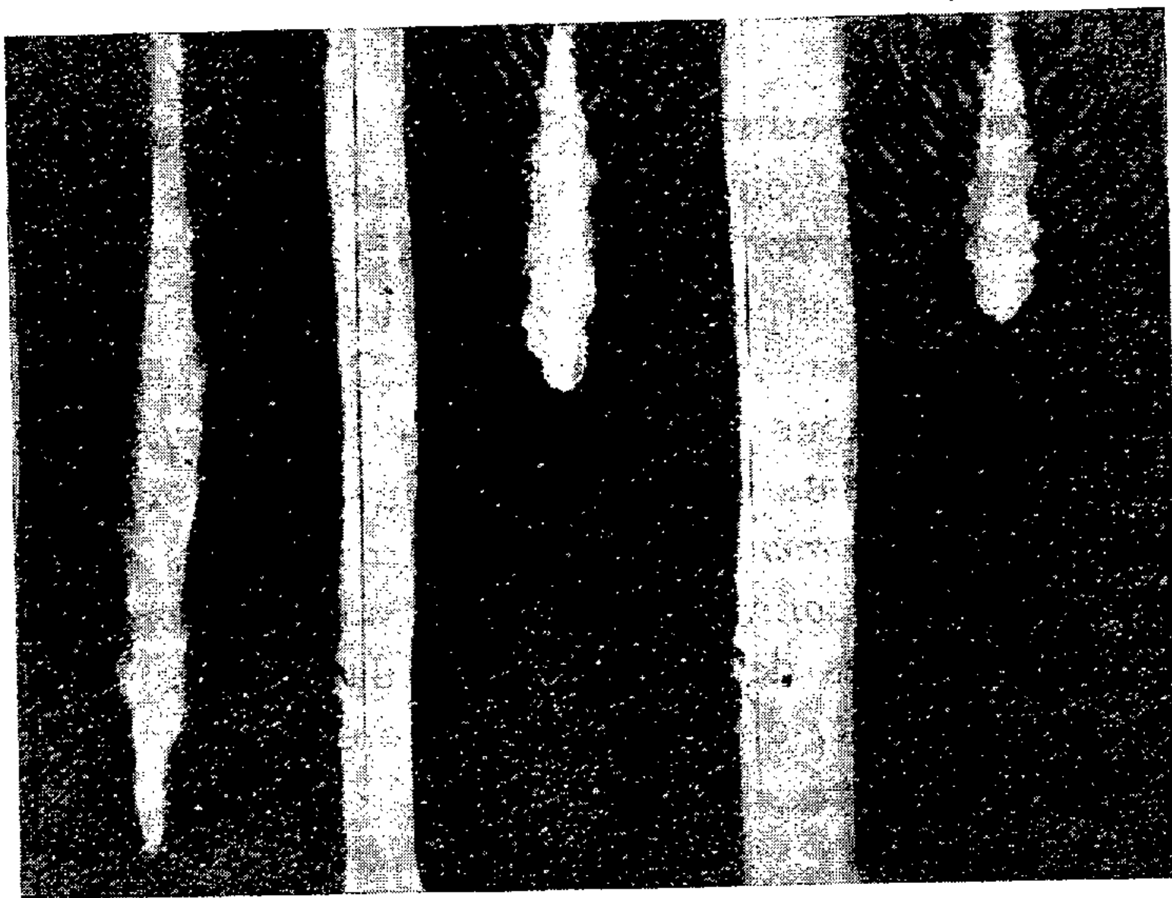
(²) Pour l'identification avec les équations de Walter, cf. *Monthly Notices*, **98**, VI, 1938, p. 450.

(¹) Séance du 10 juillet 1939.

(²) R. Kling et N. Manson, *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 892.

étincelles électriques ponctuelles, les éclateurs étant séparés par un intervalle suffisant pour éviter la superposition des deux images sur l'écran. Les étincelles sont déclenchées successivement et l'écart de temps est contrôlé par inscription sur un tambour tournant. Ce dispositif permet de déterminer la vitesse moyenne du front du jet pendant cet intervalle de temps.

Les pressions d'injection P_i sont obtenues à partir de l'enregistrement



a. *b.* *c.*

Injections de gas-oil ($d = 0{,}84$) dans une atmosphère de gaz carbonique.
Ajutage cylindrique de $0^{mm},27$.
Pression dans l'injecteur au même instant $P_i = 600$ kg/cm² environ.
a, pression atmosphérique; *b*, pression du gaz : 8 kg/cm²; *c*, pression du gaz : 16 kg/cm².
Vitesses du front du jet : *a*, 320 m/sec; *b*, 115 m/sec; *c*, 100 m/sec.

photographique du déplacement du piston pulvérisateur en fonction du temps [3].

Ces essais ont fait apparaître le rôle essentiel joué par la pression gazeuse d'aval dans la pulvérisation du liquide.

A la pression atmosphérique le jet présente l'aspect d'un long fuseau, avec une onde de Mach à la pointe pour des pressions d'injection P_i élevées (*fig. a*).

---

(3) J. Villey, *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 655.

Si l'on augmente la pression gazeuse, la vitesse de propagation de l'extrémité du jet décroît, ce qui entraîne la disparition de l'onde de Mach. En même temps apparaissent latéralement de nouvelles ondes dont le nombre croît avec la pression du gaz (*fig. b* et *c*). Celles qui prennent naissance au début de l'injection sont sphériques, les suivantes ont l'aspect caractéristique des ondes de Mach, ce qui révèle des vitesses supersoniques. Ces dernières ondes, rectilignes aux faibles pressions gazeuses (inférieures à 8^{kg} par centimètre carré), s'incurvent vers l'orifice pour les pressions élevées mettant en évidence un ralentissement sensible des projectiles qui les engendrent.

Des expériences effectuées en injectant le liquide dans des mélanges gazeux de densités différentes (mélanges d'azote et d'hydrogène), ont montré que la forme et la vitesse du jet étaient uniquement fonction de la densité du mélange. Le tableau suivant donne des vitesses V du front du jet en fonction de la masse spécifique ρ du mélange, à la pression constante de 20^{kg} par centimètre carré.

	Azote pur					Hydrogène pur
ρ	0,0233.	0,0189.	0,0146.	0,0103.	0,00598.	0,00166.
V (m : s.)	86	100	159	208	262	320

On observe par ailleurs les mêmes aspects et les mêmes vitesses dans l'azote à la pression atmosphérique et dans l'hydrogène à une pression de 14^{kg} par centimètre carré pour laquelle la masse spécifique est la même.

Ces diverses observations laissent entrevoir que la constitution interne du jet dépend essentiellement de l'inertie opposée par le milieu gazeux. Si elle est faible, la veine liquide centrale ne commencerait à se fractionner en gouttes qu'à une distance relativement grande de l'injecteur et en dehors du champ d'observation. Quand la pression d'injection est assez élevée pour imprimer au jet des vitesses supersoniques, l'onde de Mach n'apparaît qu'à la pointe de la veine.

Lorsque la densité du milieu gazeux augmente, la résistance opposée à l'avancement de la veine centrale en provoque le fractionnement en gouttes. Chaque goutte va se comporter comme un véritable projectile et, si sa vitesse est supérieure à la vitesse locale du son, donner naissance à une onde de Mach. Le fractionnement est d'autant plus poussé et les ondes d'autant plus nombreuses que l'inertie, c'est-à-dire la densité du milieu gazeux, est grande.

Cette interprétation ne s'applique qu'au cœur du jet, la périphérie étant formée de gouttes qui ont perdu leurs vitesses et qui ont été vraisemblablement chassées sur les bords par les suivantes.

Il apparaît donc que la photographie par la méthode des stries peut fournir des renseignements intéressants sur la constitution interne d'un jet quant aux vitesses des gouttes et à leur nombre.

COUCHES SUPERFICIELLES. — *Différents états physiques des couches de protéines.* Note de M. **Dikran Dervichian**, présentée par M. Jean Perrin.

Un essai d'interprétation est donné ici des résultats obtenus par MM. Joly (1) et Guastalla (2) et par moi-même (3).

Couches A. — Il a été signalé (4) qu'au-dessous d'une certaine concentration superficielle, la mesure du potentiel de surface révèle que la couche n'est pas homogène. La courbe enregistrée des ΔV présente également dans cette région tous les caractères de l'hétérogénéité. Or l'isotherme n'y présente aucun palier : la pression continue à décroître régulièrement lorsqu'on accroît la surface. *Il n'y a pas de limite à l'extension*, et il ressort des mesures de Guastalla que les couches de protéines finissent par être entièrement à l'état gazeux. La condensation ne se fait donc pas instantanément et, même en comprimant très lentement, la pression peut continuer à monter alors qu'il y a deux phases en présence. Il existe néanmoins une pression minimum de condensation (0,2-0,3 dyne environ) au-dessous de laquelle la couche évolue vers l'état gazeux. L'agrégation exigeant un certain arrangement, on conçoit qu'avec des molécules aussi compliquées la condensation présente des lenteurs encore plus accusées que celles que l'on observe avec les molécules beaucoup moins grosses des corps gras (5).

On admet qu'aux faibles pressions, chaîne de polypeptides et chaînes latérales sont appliquées à la surface de l'eau. Hughes et Rideal avaient proposé, qu'avec la compression, les chaînes latérales quittent la surface. Mitchell pense que les groupes polaires des chaînes latérales restent au contact de la surface et que c'est la chaîne polypeptidique qui est

(1) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 975.

(2) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1078.

(3) *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 16.

(4) Hughes et Rideal, *Proc. Roy. Soc.*, A, 137, 1932, p. 62; Philippi, *Rec. Trav. Chim. Pays-Bas*, 53, 1934, p. 81; Mitchell, *Trans. Farad. Soc.*, 33, 1937, p. 1129.

(5) Dervichian, *Ann. de Phys.*, 11e série, 8, 1937, p. 432-433 et *Journ. de Physique* (sous presse).

soulevée et repliée. L'étude systématique de molécules ayant plusieurs groupes polaires (diacides, céto et oxy-acides, etc.) nous amène à admettre ce dernier point de vue et à le préciser. Dans le cas des corps gras, tout porte à croire que les chaînes carbonées non polaires se trouvent d'abord au contact de l'eau (état gazeux) et que le début de la condensation correspond à leur relèvement. Si la chaîne ne porte d'autres groupes polaires qu'à son extrémité, ceux-ci la maintiennent d'autant plus longtemps appliquée à la surface qu'ils ont plus d'affinité. Un cas extrême est celui des diacides normaux (C_{16} et C_{20}) où les groupes COOH sont placés aux deux extrémités de la chaîne. Il semble qu'à partir d'une certaine concentration superficielle (94 A^2 par molécule), il y ait déformation, flexion de la chaîne arc-boutée, jusqu'à un autre point (68 A^2 pour C_{16}) où une des têtes de la molécule se détache au hasard et la couche s'affaisse. Dans le cas intermédiaire des acides 11-oxy ou céto-stéarique, l'extrémité non polaire se redresse d'abord, le groupe faible (OH ou CO) reste fixé, mais se détache ensuite pour une pression de quelques dynes. La compression peut continuer après dans ce nouvel état. Ces transformations se notent par des changements de la compressibilité et de la viscosité superficielle. Dans certains cas l'arrachement du point faible de fixation peut se traduire par une inflexion en S sur l'isotherme ([6]).

Pour les couches de protéines, la condensation au-dessus de 0,2-0,3 dyne se fait par relèvement des chaînes latérales non polaires (résidus du type leucine). Vers 1,5 dyne, les groupes peptidiques, d'affinité plus ou moins faible, se détachent, la chaîne polypeptidique se courbe progressivement, alors que les groupes polaires des autres chaînes latérales (type acide glutamique et lysine) restent fixés à l'eau. Jusque-là la couche est fluide. Plus loin, les interactions moléculaires entrent en jeu et la couche se gélifie dans cet arrangement. Les couches gélifiées ont l'élasticité particulière des substances analogues au caoutchouc. Par analogie, on pourrait penser que cette élasticité est due à la facilité d'extension des portions de la chaîne ondulée.

Couche B. — Les solides, s'ils ne sont pas suffisamment éparpillés, donnent des couches imparfaitement monomoléculaires. Mais certaines substances peuvent aussi donner deux formes différentes de couches monomoléculaires. Étalés sur une grande surface, le palmitate de cétyle et les autres esters formés de deux longues chaînes s'orientent d'après la

---

([6]) *Ibid.*, p. 447.

forme stable à deux dimensions : en épingle à cheveux, le groupement polaire sur l'eau et les deux chaînes en l'air (40 A^2 par molécule). Autrement, les molécules se rassemblent sous la forme stable à trois dimensions avec les chaînes dans le prolongement l'une de l'autre (20 A^2). Pour les protéines, la forme stable est la forme A : celle pour laquelle le plus de groupes polaires (si ce n'est tous) sont au contact de l'eau. La forme B se rapprocherait de celle à trois dimensions; de ce fait elle s'évaporerait difficilement (à deux dimensions) et pourrait occlure des particules non étalées. On comprend que les couches B ne soient stables qu'au-dessus de 1,5 dyne (contact minimum) et que les couches A ne se forment qu'au-dessous de 0,2 dyne (contact maximum).

Viscosité. — La viscosité d'une couche B sera plus grande que celle d'une couche A à cause de sa plus grande épaisseur et du fait que la masse de B contient des groupes actifs, ce qui accroît sa cohésion.

Vieillissement. — La couche B se trouve d'abord empaquetée au hasard, mais les groupes polaires continuent à s'arranger tendant vers l'état d'énergie la plus faible, c'est-à-dire de plus grande cohésion.

Réextension. — Pour A, le nombre de groupes polaires au contact de l'eau est à son maximum; mais pour B, ce nombre croîtra avec le temps et grâce aux décompressions successives. L'accroissement *relatif* d'aire qui en résultera sera beaucoup plus grand au-dessus de 1,5 dyne (chaîne plissée), où l'aire de la couche ne dépend que du nombre des groupes polaires au contact de l'eau, qu'au-dessous, où la chaîne peptidique étalée occupe une partie relativement grande de l'aire. Si de plus la phase gazeuse se condense en même temps, l'aire à faible pression pourra même paraître avoir diminué (gliadine).

PYROMÉTRIE. — *Contribution à l'étude des températures des flammes d'hydrocarbures.* Note de MM. **Jean van de Poll** et **Tidde Westerdijk**, présentée par M. Aimé Cotton.

Mesure des températures. — Dans les mesures optiques de températures de flammes par la méthode Féry (renversement d'une raie métallique), on ne rencontre pas de difficultés spéciales dans le choix de la source si les températures sont suffisamment basses pour permettre l'utilisation d'une lampe à ruban de tungstène.

Aux températures très élevées, telles que celles des chalumeaux hydro-

carbures-oxygène, il est nécessaire d'utiliser une source de température plus élevée, en particulier le cratère de l'arc au charbon. Une telle source ne donne pas une brillance uniforme, ni une zone brillante de position fixe; de plus on est toujours gêné par la présence des raies du sodium dans le spectre émis par la flamme de l'arc.

Pour tourner la difficulté nous avons été conduits à utiliser un montage optique différent de celui de Féry; on en trouvera le schéma sur la figure 1.

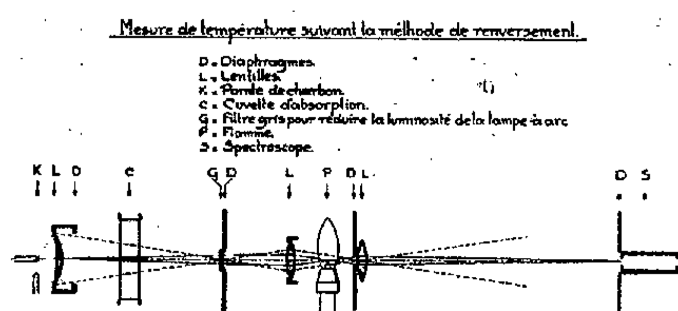


Fig. 1.

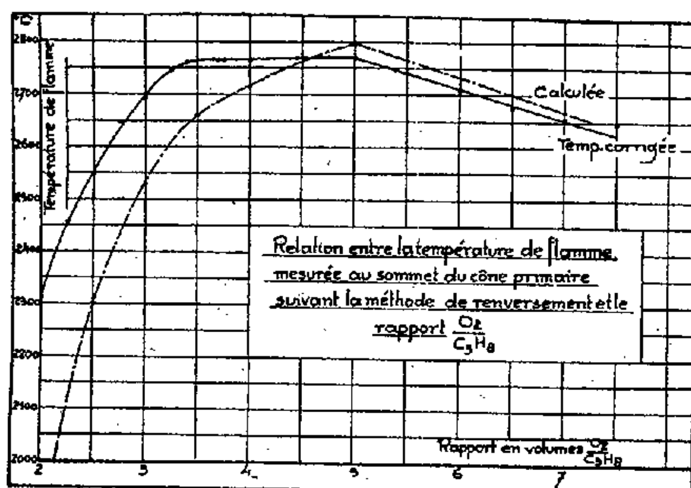


Fig. 2.

Le cratère est projeté, grâce à la lentille L_1, non pas sur la flamme, mais en avant, sur un écran D_2; grâce à une seconde lentille L_2 on projette, d'une part la lentille L_1 sur la flamme, et d'autre part le diaphragme D_2 sur un troisième diaphragme D_3 accolé à une troisième lentille L_3, laquelle donne sur la fente du spectroscope S une image de la flamme. Le diaphragme D_3 doit avoir un diamètre suffisamment faible pour que l'image du cratère le couvre complètement. Dans ces conditions l'influence du sodium de l'arc se trouve à peu près totalement éliminée.

Un coin absorbant G permet d'amener la brillance du fond continu à être égale à celle de la raie du sodium provenant de la flamme; quand cette condition est réalisée on enlève le spectroscope et la lentille L_3 et l'on pointe un pyromètre sur l'image de L_1 en s'arrangeant, par un faible déplacement de L_2, pour amener l'image du cratère à se former sur l'objectif du pyromètre. Si le réglage optique est correctement effectué et la teneur de la flamme en sel de sodium suffisante, les mesures se font avec une incertitude en température qui ne dépasse pas 5 degrés.

Calcul des températures. — Le calcul des températures de combustion a été effectué par la méthode des chaleurs totales d'échauffement préconisée

par G. Ribaud ([1]), en utilisant les tables de l'auteur. Nous rappelons que ces tables de valeurs numériques des chaleurs totales d'échauffement font intervenir les diverses dissociations (CO^2, H^2O, H^2, O^2) exactement dans les conditions de l'expérience; elles permettent de calculer les chaleurs effectives d'échauffement Q des produits de la combustion entre zéro et $t°$, fournissant ainsi le tracé du diagramme Qt et le calcul graphique de la température de combustion.

La figure 2, tracée pour les mélanges propane-oxygène, montre que l'accord entre le calcul et la mesure est très satisfaisant, du moins pour les flammes dans lesquelles l'oxygène est suffisant pour donner la combustion théorique. Dans le cas où l'oxygène est insuffisant, les températures mesurées sont supérieures à celles calculées pour la combustion primaire; cela tient évidemment à ce que toute la flamme est colorée par le sodium et que la température mesurée pour l'ensemble de la flamme est influencée par la zone extérieure dans laquelle s'effectue la combustion secondaire, zone dont la température est supérieure à la température de combustion primaire.

Rendement calorifique primaire. — Dans la pratique de la soudure au moyen de flammes de chalumeaux alimentées en hydrocarbures, seule la quantité de chaleur dégagée dans la combustion primaire est utilisée; les calories libérées par la combustion secondaire ont au contraire peu d'utilité et se montrent parfois gênantes. Aussi peut-on caractériser le rendement d'une flamme par le rapport entre la quantité de chaleur primaire et la quantité totale de chaleur dégagée pour la combustion complète de l'hydrocarbure (rendement calorifique primaire). A ce point de vue le rendement calorifique primaire de la flamme d'acétylène *normale* est de 35 %; celui de la flamme usuelle de propane atteint 75 %.

MAGNÉTISME. — *Étude expérimentale de quelques cas d'antiferromagnétisme.* Note ([1]) de M. **Gabriel Foëx** et Mlle **M. Graff**, transmise par M. Pierre Weiss.

Le paramagnétisme constant que possède le chrome jusqu'au delà de 1000° C. a été attribué à une orientation antiparallèle des moments due

---

([1]) *Chaleur et Industrie*, 18, 1937, p. 235 et 295.

([1]) Séance du 10 juillet 1939.

aux interactions [2]. Dans le métal pur, chaque atome étant entouré de 8 voisins à très courte distance (2,49 Å), les interactions sont trop fortes pour que la disparition de l'antiferromagnétisme par élévation de température soit accessible.

Il était intéressant d'étudier quelques composés définis du chrome dans lesquels l'écartement des ions serait suffisant pour permettre d'observer la loi de disparition de l'antiferromagnétisme en fonction de la température [3]. La théorie fournit peu d'indications à ce sujet et les données expérimentales que l'on possède manquent de précision.

La loi de variation de χ dépendant probablement du nombre des voisins magnétiques et de la symétrie du milieu, nous avons étudié plusieurs types de composés.

1° Cr^2O^3. — Rhomboédrique. Un voisin Cr à 2,8 Å; trois autres un peu plus éloignés. L'oxyde obtenu par calcination du bichromate de potassium est bien cristallisé et possède des propriétés magnétiques parfaitement définies.

La figure 1 reproduit les variations de $1/\chi$. Le coefficient d'aimantation,

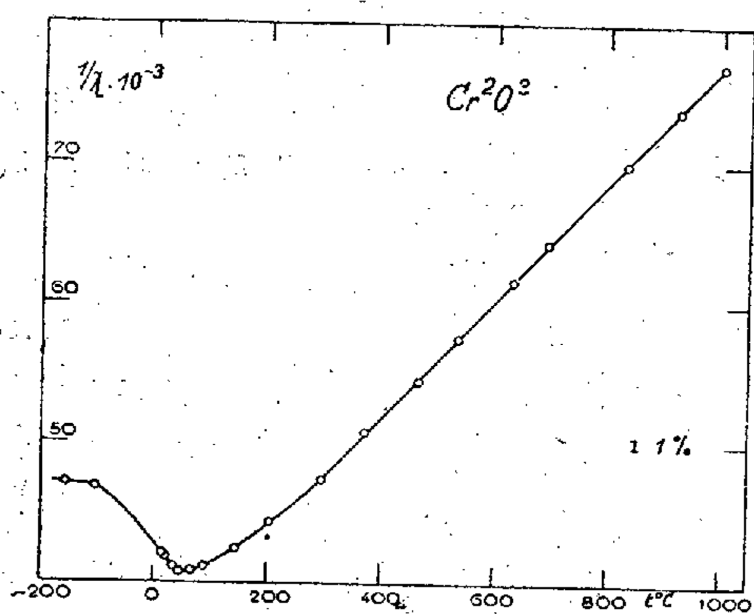


Fig. 1.

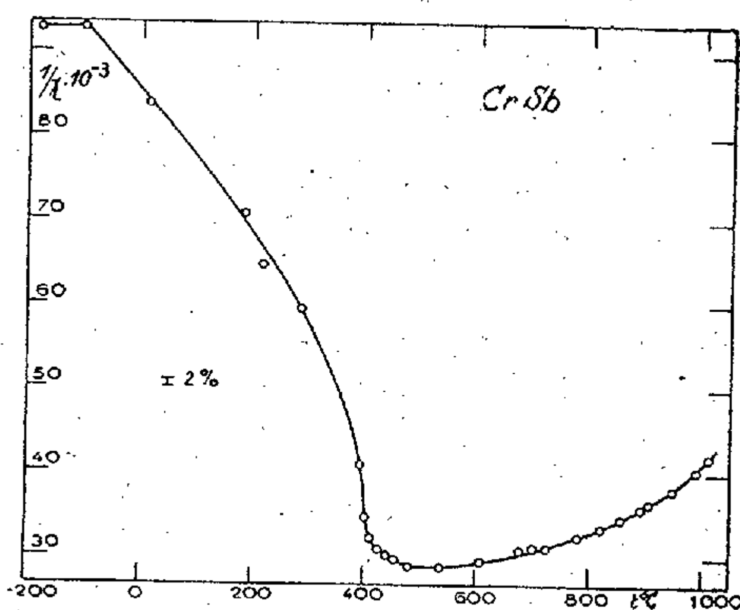


Fig. 2.

d'abord peu variable avec la température, augmente de plus en plus vite lorsque l'antiparallélisme disparaît, passe par un maximum et décroît ensuite suivant la loi de Weiss. La constante de Curie fournie par la portion rectiligne de la courbe, correspond au moment 19,1 magnétons qui caractérise l'ion Cr'''.

---

(2) L. Néel, *Annales de Physique*, 11e série, 5, 1936, p. 32.

(3) Dans les solutions solides du chrome dans l'or étudiées par L. Néel, la concentration est assez faible pour que le paramagnétisme de Cr suive la loi de Weiss.

2° CrSb. — Hexagonal, 2 voisins Cr à 2,73 Å et 6 à 4,11 Å. Ce composé est obtenu par fusion des constituants sous une atmosphère d'argon. La figure 2 montre que la disparition de l'antiferromagnétisme s'achève par une chute brusque au voisinage de 400°. Au-dessus de cette température, la variation de $1/\chi$ est plus compliquée que pour Cr^2O^3.

Le composé $CrSb^2$ possède des propriétés analogues.

Anomalies thermiques. — Les courbes d'échauffement et de refroidissement des composés CrSb et $CrSb^2$, relevées à l'aide du dispositif Le Châtelier-Saladin, présentent des anomalies analogues à celles qui caractérisent les ferromagnétiques au voisinage du point de Curie. Ces anomalies, dont l'existence a été prévue par Néel (4), se produisent dans la région où le coefficient d'aimantation atteint son maximum.

Au-dessus de ce *point de Curie* les composés analogues à Cr^2O^3 se distinguent des ferromagnétiques par le signe de la constante Θ de la loi de Weiss. Chez les ferromagnétiques elle est positive et un peu plus élevée que le point de Curie. Chez les antiferromagnétiques elle est au contraire fortement négative, comme on devait s'y attendre.

FLUORESCENCE. — *Pouvoir fluorescent des solutions d'uranine en fonction de leur concentration en ions* H^+. Note (1) de M. **Augustin Boutaric** et Mme **Madeleine Roy**, présentée par M. Jean Perrin.

1. On a souvent signalé que la fluorescence d'un corps fluorescent pris en solution aqueuse est en relation étroite avec l'acidité du milieu. Dans le cas de l'uranine, J. Bouchard (2) a étudié comment varie le pouvoir fluorescent lorsqu'on modifie la concentration en ions H^+ par addition d'acide ou de base. Nous avons repris une étude analogue en utilisant divers mélanges tampons.

Ayant préparé une solution d'uranine (des Établissements Merck) à $2^g,5$ par litre, on constituait la solution étalon en ajoutant 5^{cm^3} de cette solution à 20^{cm^3} d'un mélange tampon de Sörensen (PO^4Na^2H et PO^4KH^2) de coefficient pH égal à 8. Les solutions à comparer étaient obtenues d'une manière analogue par mélange de 5^{cm^3} de la solution d'uranine à $2^g,5$ par litre et de 20^{cm^3} de mélanges tampons de divers pH.

(4) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 304.

(1) Séance du 10 juillet 1939.

(2) *Journal de Chimie physique*, 33, 1936, p. 64.

Toutes les solutions sur lesquelles ont porté les comparaisons fluorométriques avaient la même concentration en uranine ($0^g,5$ par litre); étant donnée la forte proportion des mélanges régulateurs qu'elles renfermaient, leurs coefficients pH différaient peu (quelques unités de l'ordre du centième) des coefficients pH caractérisant les mélanges régulateurs utilisés; toutefois les coefficients pH ont toujours été déterminés directement par une méthode électrométrique sur les solutions étudiées. Comme mélanges régulateurs nous avons utilisé ceux de Sörensen (Po^4Na^2H et Po^4KH^2), de Mac Ilvaine (Po^4Na^2H et acide citrique), de Clark et Lubs (Bo^3H^3, ClK et OHNa ou Po^4KH^2 et OHNa ou phtalate acide de potassium et OHNa).

2. La fluorescence de ces diverses solutions a été comparée à celle de la solution étalon au moyen du fluoromètre de Francis Perrin, les valeurs φ/φ_0 du pouvoir fluorescent rapportées à celui de la solution étalon se disposent, en fonction du pH, suivant une même courbe (C), quelle que soit la nature du mélange tampon utilisé pour réaliser ce coefficient pH. Ainsi le pouvoir fluorescent d'une solution d'uranine de teneur déterminée en substance fluorescente dépend uniquement de la concentration en ions H^+ et nullement de la manière dont cette concentration a été réalisée. Alors que les anions présents dans les mélanges tampons destinés à assurer une certaine valeur du coefficient pH interviennent d'une manière notable dans de nombreux phénomènes, ils n'agissent pas sensiblement sur le pouvoir fluorescent des solutions d'uranine, à condition toutefois de s'en tenir aux mélanges tampons usuels ne comportant pas certains anions doués de propriétés inhibitrices à l'égard de la fluorescence.

3. Nous donnons ci-dessous les valeurs des pouvoirs fluorescents relatifs à quelques valeurs de pH.

pH........	4,6	5,28	5,90	6,46	6,97	7,38	7,73	8	8,6	10
φ/φ_0........	0,269	0,371	0,416	0,645	0,776	0,891	0,912	1	1,02	1,02

Les pouvoirs fluorescents φ/φ_0 augmentent d'abord rapidement en fonction du pH, puis croissent de moins en moins vite et se stabilisent à partir de pH 8,6. Il est impossible d'étudier les solutions de pH inférieur à 4,6 pour lesquelles la fluorescéine précipite.

4. La courbe (C), qui représente les valeurs de φ/φ_0 en fonction du pH, permet de reconnaître de manière précise si une substance exerce une influence inhibitrice sur la fluorescence de l'uranine. Ayant déterminé le pouvoir fluorescent ψ/φ_0 de la solution d'uranine additionnée du corps à

étudier et le coefficient pH de la solution, le corps pourra être regardé comme doué de propriétés inhibitrices si le point M de coordonnées ψ/φ_0 et pH se place au-dessous de la courbe (C) : le rapport $\rho = \psi/\varphi$ entre les ordonnées du point M et celui de même abscisse de la courbe (C) pourra servir de mesure à l'action inhibitrice. A titre d'exemple, nous donnons ci-dessous les coefficients pH, les pouvoirs fluorescents ψ/φ_0 de solutions d'uranine renfermant de la résorcine sous diverses concentrations c (en grammes pour 100^{cm^3}) et les pouvoirs fluorescents φ/φ_0 relevés sur la courbe (C) pour les valeurs correspondantes de pH.

c.	pH.	ψ/φ_0.	φ/φ_0.	ρ.
0,08.......	7,35	0,741	0,885	0,837
0,2........	7,30	0,537	0,880	0,610
0,4........	7,15	0,338	0,850	0,397
0,8........	6,94	0,169	0,790	0,213

Les quotients $\rho = \psi/\varphi$ sont inférieurs à l'unité, d'où il résulte que, ainsi qu'on le savait déjà (³), la résorcine est douée de propriétés inhibitrices à l'égard de la fluorescence de l'uranine et les valeurs de ce coefficient permettent de caractériser sans ambiguïté les propriétés inhibitrices de la résorcine.

Mais, dans d'autres cas, la méthode d'étude que nous préconisons montre que l'action inhibitrice de certaines substances peut être rattachée uniquement aux modifications du coefficient pH qu'elles déterminent dans la solution d'uranine.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude des systèmes* $Fe^2O^3.NiO—Fe^2O^3.MgO$; $Fe^2O^3.NiO—Fe^2O^3.CuO$; $Fe^2O^3.NiO—Fe^2O^3.ZnO$. Note de M. **Hubert Forestier** et Mlle **Marcelle Vetter**, transmise par M. Pierre Weiss.

Ces systèmes ont été étudiés dans l'état solide, au moyen de l'analyse thermomagnétique et de l'analyse aux rayons X. Le ferrite de nickel présente en effet un point de Curie, à une température $\theta_c = 590°$, dont les

(³) F. Perrin, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1121; *Thèse*, Paris, série A, n° 1214, 1929; *Ann. Phys.*, 17, 1932, p. 283; M. Grivault, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1120.

variations en fonction de la composition permettent l'exploration du diagramme [1].

Les hydroxydes des trois métaux correspondants ont été précipités, par la soude, d'un mélange en proportions convenables des chlorures de fer, de nickel et du troisième métal : zinc, magnésium ou cuivre. Ces précipités ont été ensuite recuits pendant 4 heures à température constante (1000° pour Zn et Mg, 850° pour Cu).

Les résultats obtenus sont résumés dans les courbes de la figure ci-après qui indiquent les variations des points de Curie en fonction de la composition.

La courbe 1, relative au système $Fe^2O^3.NiO—Fe^2O^3.MgO$, montre que la température du point de Curie s'abaisse assez régulièrement depuis 590° (point de Curie du ferrite de nickel), jusqu'à 320° (point de Curie du ferrite de magnésium); cependant on observe un point légèrement aberrant pour la composition équimoléculaire $2Fe^2O^3.NiO.MgO$. Ce point singulier ne correspond ni à un véritable changement de structure, ni à une variation anormale du paramètre du réseau.

La courbe 2, relative au système $Fe^2O^3.NiO—Fe^2O^3.CuO$, présente une allure analogue à la précédente; elle met en évidence un abaissement régulier du point de Curie du ferrite de nickel jusqu'à 455°, point de Curie du ferrite de cuivre. On peut également noter sur cette courbe un point singulier pour la composition équimoléculaire.

La courbe 3, relative au système $Fe^2O^3.NiO — Fe^2O^3.ZnO$, différente des précédentes, présente d'abord une partie presque rectiligne; puis, à partir d'une concentration en ferrite de zinc égale à 60 %, la courbure augmente rapidement; les points de Curie des corps riches en ferrite de zinc ne peuvent plus être déterminés. L'extrapolation de cette courbe montre que le ferrite de zinc n'a pas de point de Curie ferromagnétique, et qu'il peut donc bien être considéré comme un corps paramagnétique, en accord avec les résultats obtenus par Mlle Serres [2].

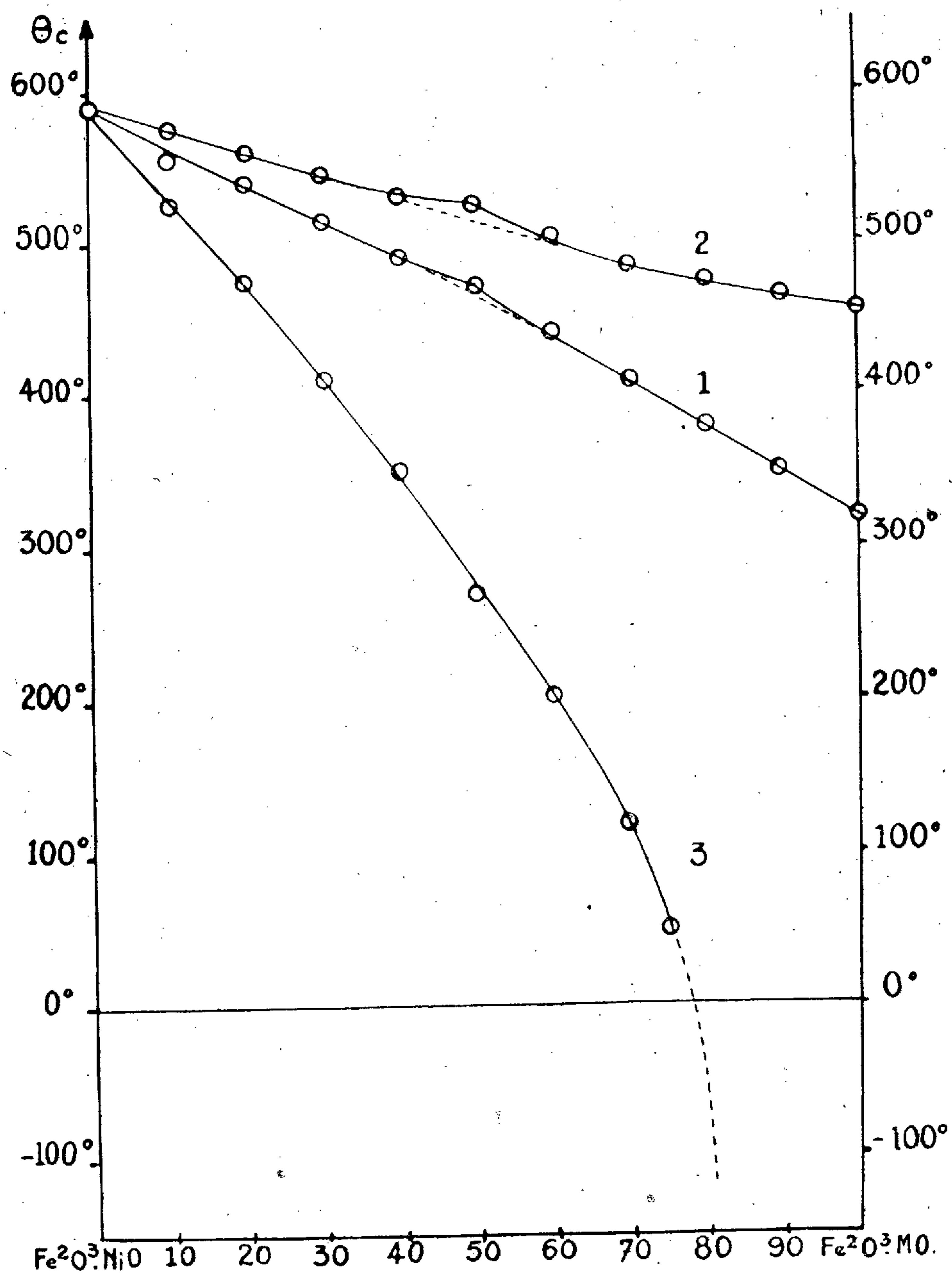
L'étude röntgenographique de ces trois systèmes n'a révélé aucun

---

(1) Cette méthode avait déjà été appliquée par l'un de nous au système $Fe^2O^3—MgO$ (H. Forestier, *Thèse*, Paris, 1938; H. Forestier et G. Chaudron, *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 509) et récemment encore par MM. J. Bénard et G. Chaudron dans une intéressante étude sur les magnétites substituées (*Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 1191).

(2) *Thèse*, Strasbourg, 1931.

changement dans la structure, du type spinelle, mais seulement une variation régulière du paramètre en fonction de la concentration.



Ces résultats montrent que les ferrites étudiés forment une solution solide continue d'un bout à l'autre du diagramme; l'anomalie,

observée sur les courbes 1 et 2 pour la composition équimoléculaire $Fe^2O^3NiO.Fe^2O^3MO$, indique probablement l'existence d'une surstructure correspondant à une alternance régulière des atomes de nickel et du métal M (Mg ou Cu).

Le magnésium, le cuivre et le zinc peuvent donc se substituer au nickel en toutes proportions dans les composés de formule $Fe^2O^3.MO$.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur quelques hydrates du sulfate manganeux.* Note de M. **Jean Perreu.**

M. R. de Forcrand (¹) a signalé que les hydrates du sulfate manganeux, obtenus par déshydratation du sel à 4^{mol} d'eau, présentent des chaleurs de dissolution qui dépendent du mode de déshydratation employé. Pour une même composition de l'hydrate obtenu, la chaleur de dissolution est plus grande lorsque la déshydratation a été effectuée à froid, dans une atmosphère sèche, que si on l'a réalisée à chaud, au-dessus de 100°. L'écart trouvé croît à mesure que l'on se rapproche du sel anhydre. L'auteur en déduit l'existence de deux isomères pour le sel anhydre et pour chacun des hydrates à 1, 2, 3^{mol} d'eau ainsi obtenus. J'ai essayé de vérifier ces conclusions par l'examen tensimétrique et calorimétrique des hydrates, par l'observation de leurs diagrammes aux rayons X, et enfin par l'étude de leurs propriétés magnétiques. Je communique, dans cette première Note, les résultats fournis par la mesure des tensions de dissociation des hydrates.

1. Préparation des hydrates. — Le sel à 4^{mol} d'eau a été obtenu par cristallisation, après addition d'alcool à 95°, d'une solution aqueuse, très concentrée, de sulfate manganeux. Les cristaux, finement pulvérisés, ont servi à préparer les deux séries de produits suivants :

Série I. — Elle est obtenue par déshydratation du tétrahydrate dans une étuve, au-dessus de 100°. Ce dernier est placé, en mince couche, sur un large verre de montre et remué avec un fil de platine, au cours de la déshydratation, pour assurer l'homogénéité. Pour avoir le sel anhydre, on opère à 280°, jusqu'à poids constant; vers 110°, on obtient de la même manière le monohydrate. Au-dessous de cette dernière température, je n'ai pas observé de palier de déshydratation pour le di- et le trihydrate; des produits de composition moyenne $SO^4Mn, 3H^2O$ et $SO^4Mn, 2H^2O$

(¹) *Comptes rendus*, 158, 1914, p. 1760 et 159, 1914, p. 12.

ont été préparés, vers 100°, en arrêtant la déshydratation après une chauffe suffisante. L'existence de ces deux derniers hydrates a d'ailleurs été contestée par Schieber ([2]).

Série II. — Elle est préparée à froid, en déshydratant le sel à 4^{mol} d'eau dans le vide sulfurique; on obtient ainsi les produits de la série précédente, excepté le sel anhydre qui est extrêmement avide d'eau.

2. Tension de dissociation des hydrates. — J'ai voulu m'assurer si la série des deux hydrates à 2 et 3^{mol} d'eau apparaît dans la mesure des tensions de vapeur du tétrahydrate, soumis à une déshydratation progressive. Ce dernier sel, finement pulvérisé, est versé, en couche mince, dans une large fiole A (*fig.* 1), reliée à un manomètre à mercure M, et à une deuxième fiole identique B, renfermant P^2O^5. Ce tensimètre est mis en relation avec une trompe de Langmuir, communiquant avec une jauge de Mac Leod et permettant d'obtenir un vide de l'ordre de 10^{-5} mm de mercure. L'ensemble AM est immergé dans un thermostat Köhler, à glaces transparentes. Après avoir purgé d'air tout l'appareil, on ferme les robinets et l'on attend que la tension maximum de vapeur soit établie. On ouvre ensuite la communication AB, pendant quelques heures; une petite quantité d'eau est absorbée par l'anhydride phosphorique, puis on ferme les robinets r_1, r_2. Dès que l'équilibre de pression est atteint, on mesure la nouvelle tension; après chaque lecture, on détache la fiole B, on la pèse, et l'on suit ainsi la marche de la tension en fonction de la déshydratation. L'équilibre final est d'autant plus lent à s'établir que cette dernière est plus avancée; il est atteint en quelques heures au début de la déshydratation, mais il nécessite 4 ou 5 jours environ quand on arrive au voisinage du monohydrate.

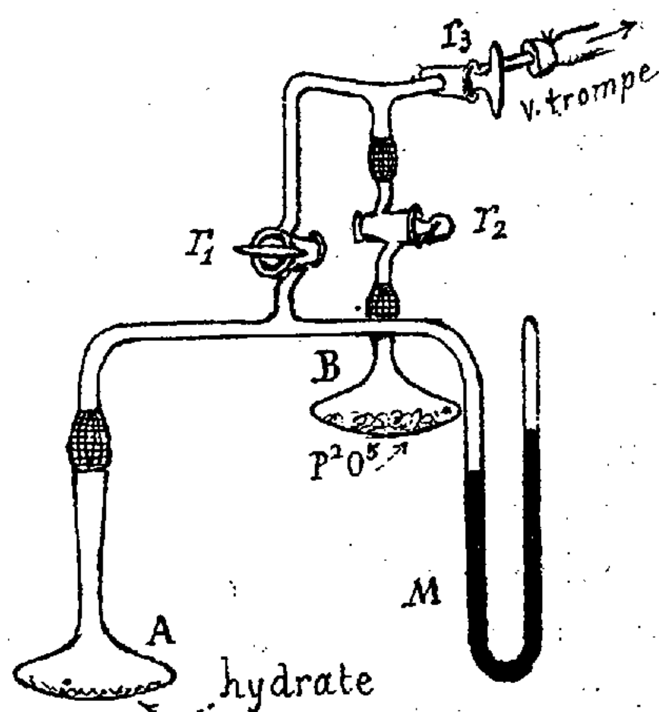


Fig. 1.

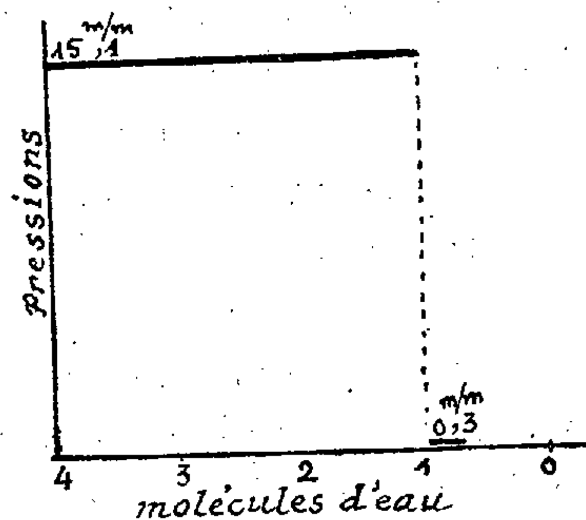
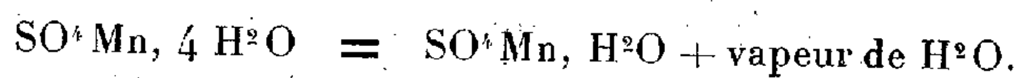


Fig. 2.

Dans ces mesures, effectuées à 22° C., j'ai atteint finalement la composition moyenne $SO^4Mn, 0,8\ H^2O$.

([2]) *Monatsch. Chem.*, 19, 1898, p. 280.

Le graphique des tensions en fonction des déshydratations (*fig.* 2) comprend un long palier d'ordonnée $15^{mm},1$ correspondant à l'équilibre



$$SO^4Mn, 4\,H^2O = SO^4Mn, H^2O + \text{vapeur de } H^2O.$$

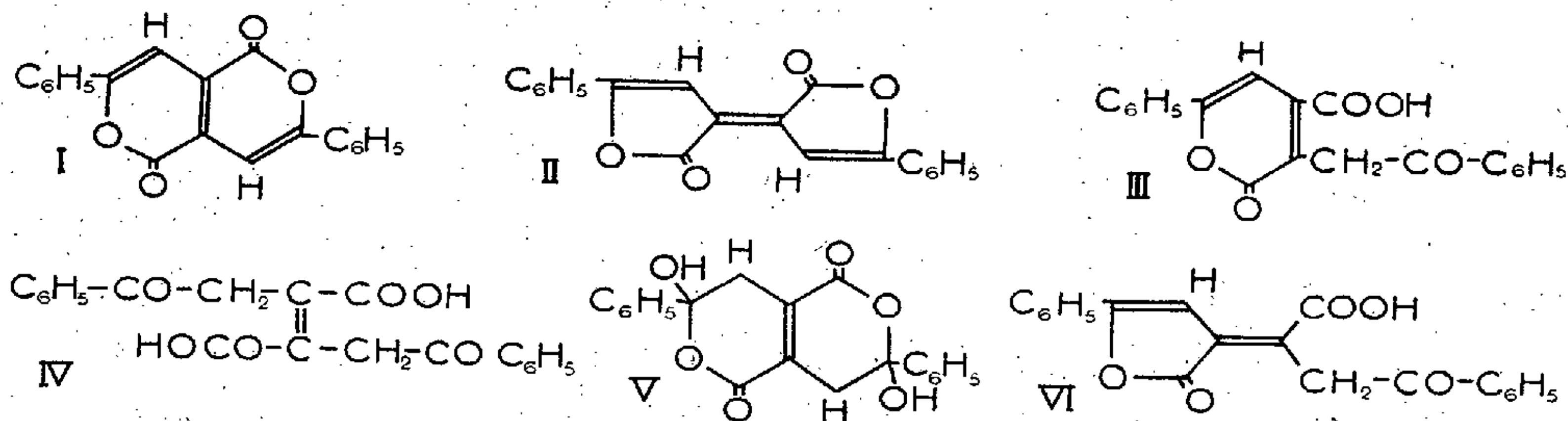
Quand le sel a perdu 3^{mol} d'eau, l'ordonnée du palier tombe brusquement à $0^{mm},3$ environ.

On n'observe aucun palier correspondant aux hydrates à 3 et 2^{mol} d'eau, qui n'ont par suite pas été obtenus au cours de l'expérience. Il est à présumer que les produits des séries I et II dont la composition est très voisine de $SO^4Mn, 2\,H^2O$ et $SO^4Mn, 3\,H^2O$ ne sont pas des hydrates définis, mais bien des mélanges d'hydrates; c'est ce que montre l'étude de leurs diagrammes aux rayons X.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les colorants de Pechmann. Formation de l'ester d'un nouvel acide, isomère du monoacide jaune.* Note [1] de M. **Paul Chovin**, présentée par M. Marcel Delépine.

J'ai montré [2] quelles sont les relations qui existent entre le colorant rouge de Pechmann (I) et son isomère jaune (II) d'une part, et les divers acides qui résultent de leur hydrolyse d'autre part.

Ces acides sont au nombre de trois; ce sont un monoacide (III), un diacide jaune (IV) et un pseudo-diacide blanc (V).



Le monoacide (III) peut être considéré comme formé par l'ouverture d'un seul des deux cycles lactoniques du colorant de Pechmann. Le diacide jaune (IV) peut s'envisager comme le produit de l'ouverture des deux

(1) Séance du 10 juillet 1939.

(2) *Ann. de Chim.*, 11e série, 9, 1938, p. 447.

cycles lactoniques du colorant (I) ou de son isomère (II). Ces produits sont très instables : ils ont tendance à perdre de l'eau; mais alors que le monoacide ne peut ainsi régénérer que le colorant rouge, le diacide jaune, qui, en théorie, pourrait donner soit le colorant rouge, soit son isomère jaune, ne donne au contraire que ce dernier produit. Par ailleurs, toutes les tentatives d'une monocyclisation directe du diacide, en vue de former le monoacide, ont échoué. Une monocyclisation indirecte, par contre, à partir du sel du diacide jaune, conduit bien au monoacide.

La monocyclisation présentait un intérêt théorique certain : elle peut se réaliser de deux manières différentes. On serait donc en droit d'attendre, outre le monoacide déjà connu (III), à cycle hexagonal, un isomère (VI), à cycle pentagonal, dont l'existence n'a jamais encore été envisagée.

Un dérivé de ce nouvel acide, son ester méthylique, a pu être obtenu au cours d'expériences entreprises en vue d'aboutir à des dérivés des acides (III) et (IV) qui auraient pu être plus stables que les autres acides eux-mêmes.

Ainsi on a tenté d'obtenir les esters méthyliques des acides (III) et (IV). L'estérification directe est à rejeter, car elle s'accomplit en présence de catalyseurs, tels les acides chlorhydrique, sulfurique, etc., qui réalisent la cyclisation pure et simple des acides à estérifier. On s'est alors adressé au diazométhane. Le monoacide (III), traité par le réactif, se transforme en produit résineux incristallisable. Quant au diacide jaune (IV), il donne un corps dont la composition s'écarte indubitablement de celle du diester méthylique correspondant, pour se rapprocher de celle d'un monoester de monoacide, $C^{21}H^{16}O^{5}$, avec un écart acceptable pour un corps instable. On peut donc supposer que le diester s'est bien formé dans un premier temps de la réaction, mais qu'il s'est converti en monoester d'un monoacide par élimination des éléments de l'alcool méthylique dans un deuxième temps. Ainsi la stabilisation escomptée ne s'est pas produite, bien au contraire.

A s'en tenir à la composition et au mode de formation, on ne sait pas quelle constitution attribuer au produit. Mais ses propriétés chimiques permettent de se faire une opinion à ce sujet : par chauffage sous vide au-dessus de son point de fusion, il perd une molécule d'alcool méthylique et se convertit en l'isomère jaune du colorant de Pechmann (II). Cela fixe immédiatement la constitution de l'ester : c'est l'ester d'un monoacide (VI) à cycle pentagonal, isomère du monoacide (III) à cycle hexagonal.

La saponification de cet ester n'a pas conduit à l'acide correspondant, car, ainsi qu'on pouvait s'y attendre, le cycle lactonique est attaqué en

même temps que le carboxyle estérifié et l'on obtient alors le sel du diacide, à partir duquel on peut, comme je l'ai démontré antérieurement, préparer à volonté l'un quelconque des acides (III), (IV), (V).

L'ester méthylique du monoacide (VI) est un produit jaune canari, fondant instantanément au bloc à 165°, très soluble dans le chloroforme, peu soluble dans l'acétate d'éthyle, presque insoluble dans l'éther et le benzène. Il est relativement stable à l'état solide; par contre, il se transforme en solution en donnant le colorant jaune, facilement décelable par la fluorescence verte qu'il provoque.

Les essais d'obtention de dérivés stables des acides (III) et (IV) ont été poursuivis dans le sens de la formation, non plus d'esters méthyliques, mais de dérivés acétylés des fonctions énoliques. Là encore, en raison des dangers de cyclisation, l'emploi de réactifs acétylants vigoureux est à éviter. Le cétène $CH^2 = CO$ a réalisé également les cyclisations redoutées, de telle sorte que la chimie des acides dérivés du colorant de Pechmann se restreint aux acides eux-mêmes et à un ester dont l'acide est probablement instable.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les propriétés catalytiques oxydantes des phtalocyanines.* Note de M. **Charles Paquot**, présentée par M. Robert Lespieau.

La préparation des phtalocyanines métalliques, pigments colorés synthétiques, est connue ([1]), et récemment Cook ([2]) a montré que la phtalocyanine de fer avait des propriétés catalytiques oxydantes intéressantes. J'ai étudié en détail cette action catalytique sur quelques carbures éthyléniques et l'ai étendue à d'autres phtalocyanines.

Technique de l'oxydation. — On fait barboter un courant d'oxygène dans le carbure à oxyder (sans aucun solvant), contenant en suspension le catalyseur et maintenu à température constante. L'oxydation terminée, on filtre pour récupérer le catalyseur, qui peut être utilisé pour une nouvelle oxydation, on entraîne à la vapeur d'eau, puis on fractionne. On peut aussi, dans certains cas, distiller directement le produit oxydé sans entraînement à la vapeur, à condition d'éviter les surchauffes et une décomposition trop brusque des peroxydes formés dans l'oxydation.

([1]) Barrett, Dent et Linstead, *J. Chem. Soc.*, 1936, p. 1719.
([2]) *J. Chem. Soc.*, 1938, p. 1774.

Oxydation de l'α-pinène. — Les catalyseurs employés ont été les phtalocyanines de Fe, de Co, de Ni, en des proportions variant entre 2,5 °/₀₀ et 5 °/₀₀. Les températures ont varié de 50 à 100° et les durées de chauffage de 8 à 40 heures. Dans tous les cas une partie notable de l'α-pinène employé se retrouve non oxydée (40 à 70 %). Le principal produit de l'oxydation est toujours la *verbénone* (de 10 à 25 %). On trouve aussi une très faible proportion de l'hydrate de pinol actif (1 à 3 %), produit normal de l'oxydation du pinène à l'air. Avec la phtalocyanine de cobalt, ou à température élevée (100°), on trouve en outre de 2 à 7 % de verbénène, carbure diéthylénique provenant de la déshydratation du verbénol, alcool qui se déshydrate très facilement. A 100° il reste un peu de verbénol non déshydraté (2 %). Il y a en outre un résidu relativement peu important (de 10 à 35 % suivant les cas), dont une partie très visqueuse distille entre 115 et 150° sous 8^{mm} et dont le reste se présente sous la forme d'une résine solide. Ce sont des produits de condensation du pinène.

Les phtalocyanines de fer, et surtout de nickel, ne sont pas altérées au cours de l'oxydation et peuvent être utilisées plusieurs fois sans perdre leurs propriétés catalytiques. La phtalocyanine de cobalt est beaucoup plus fragile et est nettement moins active après avoir servi une fois.

On voit donc que, comparé aux autres procédés déjà connus de préparation de la verbénone [3], l'emploi des phtalocyanines comme catalyseur est préférable. Pour éviter les autres produits de l'oxydation, les conditions optima sont : phtalocyanine de Ni, 5/1000ᵉ à 10/1000ᵉ, température 80°, chauffage de 30 à 50 heures. On obtient alors un rendement de 40 à 50 % en verbénone à partir du pinène effectivement entré en réaction.

Oxydation du cyclohexène. — Le cyclohexène étant le carbure le plus simple possédant une double liaison dans un cycle en C^6, il était intéressant d'étudier son oxydation. En employant comme catalyseur la phtalocyanine de Ni (4/1000), pour une oxydation durant 60 heures à 65° on retrouve 50 % du cyclohexène non oxydé. L'attaque porte surtout sur le carbone en α de la double liaison (25 %), car le principal produit de l'oxydation est la Δ^1-cyclohexénone-3 (17 %), mélangée de Δ^1-cyclohexénol-3 (6 %). En outre il y a un peu de $\Delta^{1,3}$-cyclohexadiène (2 %). Cook au contraire trouve uniquement le Δ^1-cyclohexénol-3 en utilisant la phtalocyanine de fer. La cyclohexénone et le cyclohexénol, qui ont un point d'ébullition très voisin, ont été

(3) DUPONT, ZACHARÉWICZ et DULOU, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1699.

séparés par extraction de la cétone au moyen du mélange sulfite de Na, bicarbonate de Na. Le cyclohexadiène, provenant de la déshydratation du cyclohexénol, a été caractérisé par son composé d'addition avec l'anhydride maléique [4]. On a en outre une légère attaque de la double liaison (6 %), car on trouve de l'époxycyclohexane (2 %) (fixation de O) et son produit d'hydratation, le cyclohexanediol-1.2 *cis* (4 %). Les spectres Raman des diverses fractions ont confirmé la nature des produits obtenus.

Comme pour le pinène, nous voyons que dans l'oxydation par l'oxygène en présence de phtalocyanine, c'est le carbone en α de la double liaison qui est principalement attaqué et que le produit largement dominant est la cétone α-éthylénique. Les phtalocyanines métalliques semblent donc être des catalyseurs intéressants permettant d'oxyder par l'oxygène des carbures éthyléniques en *cétones α-éthyléniques*.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Macles du quartz α après un séjour temporaire sous la forme β*. Note de M. **Jean-Pierre Pérez**, présentée par M. Aimé Cotton.

Des recherches entreprises sur la constante diélectrique du quartz dans un espace de température englobant le point de transformation $\alpha \rightleftharpoons \beta$ (575° C.) m'ont amené à étudier des modifications de groupement cristallographiques dans les échantillons étudiés. Ceux-ci étaient tous pris dans du *quartz du Brésil* hyalin et homogène au point de vue de la direction de l'axe optique, mais la plupart présentaient des macles. Quatre phases sont en effet possibles, correspondant aux deux sens du pouvoir rotatoire et pour chacun à la symétrie A_6 inversant la polarité des axes électriques. Ces macles ont été reconnues en lumière polarisée par transmission dans le cas des associations droit-gauche, et, dans tous les cas, après corrosion par l'acide fluorhydrique, en examinant les effets moirés par réflexion pour repérer les différentes plages, puis en les discriminant sous le microscope [1].

Il est intéressant de se demander ce que sont devenus ces divers groupements quand l'échantillon a été momentanément chauffé au-dessus de 575°

---

[4] Diels et Alder, *Liebig's Ann.*, 460, 1927, p. 115.

[1] C. Gaudefroy, *Bull. Soc. franc. Min.*, 56, 1933, p. 5.

et a donc passé un certain temps sous l'état β. Par un chauffage et un refroidissement très lent (²) on arrive à conserver les échantillons intacts sans les *étonner*. Le plus volumineux était un disque de 30^{mm} de diamètre et 9^{mm} d'épaisseur. Mais les observations ont porté surtout sur des lames ayant deux dimensions importantes par rapport à l'épaisseur : lames carrées $20^{mm} \times 20^{mm}$ ou rectangulaires $20^{mm} \times 30^{mm}$ sur une épaisseur de 2^{mm}. Les tailles mettaient toujours en évidence les faces a_1, e_2, d_1 rectangulaires entre elles.

Une lame primitivement homogène portée à l'état β hexagonal a en chacun de ses points deux possibilités de retour à l'état α rhomboédrique, donnant deux orientations différant de 180° autour de l'axe optique resté fixe. Entre ces deux orientations le choix ne se porte pas nécessairement sur l'orientation qui était primitivement réalisée. Et la lame devient hétérogène, comme le révèle la corrosion. On observe une répartition en plages de dessin souvent compliqué, dentelées et déchiquetées vers le centre de la face, mais vers les bords généralement limitées par des courbes régulières aboutissant exactement à des sommets du contour. L'examen de la face opposée et des tranches montre une modification d'ensemble de la lame. On peut penser qu'au moment du retour à la forme α, les tensions mécaniques qui naissent dans la lame et qui sont en relation avec son contour sont susceptibles d'orienter le choix de telle région partielle pour l'une des deux possibilités.

Dans un échantillon hétérogène il y a lieu de distinguer les macles de même rotation (groupements A_6) et celles de rotation inverse (groupements d_1 et a_1) (³) :

Les limites des domaines de rotation inverse se maintiennent sans changement et le sens de la rotation subsiste à leur intérieur.

Les anciens groupements A_6 sont remplacés par de nouveaux qui ont les mêmes caractères que ceux obtenus à partir d'une lame homogène.

Quand cette hétérogénéité, au lieu d'être naturelle, est de celles provoquées par un traitement antérieur, le nouveau traitement reproduit non pas exactement le dessin antérieur, mais un dessin analogue.

On obtient souvent la transformation A_6 d'une région contenant des plages droites et gauches; ces plages se transformant en même temps, leurs orientations gardent le plan de symétrie (d_1 ou a_1) qu'elles avaient à l'origine.

(²) N. G. Rahioni, *Thèse*, Paris, 1937.

(³) La nomenclature est celle proposée par Gaudefroy (*loc. cit.*).

Quand une frontière de transformation rencontre une frontière optique, on reconnaît dans la partie droite et dans la partie gauche la frontière de transformation à ses deux portions grossièrement dans le prolongement l'une de l'autre; mais au moment même où elle croise la frontière optique, au lieu de la couper à angles vifs, elle subit une altération dont le détail sera publié ailleurs en même temps que des photographies.

MINÉRALOGIE. — *Néogenèse de minéraux au cœur des roches par recuit dans des gaz et vapeur d'eau sous hautes pressions. Production de phénomènes de métamorphisme artificiel.* Note (¹) de MM. **Albert Michel-Lévy** et **Jean Wyart**, présentée par M. Charles Fabry.

A la suite de nos essais de synthèse de minéraux des roches par pneumatolyse à l'aide d'explosifs brisants au sein de bombes d'acier soumises à des recuits de quelques jours entre 500 et 600° (²), nous avons soumis des roches aux gaz sous pression résultant de la détonation d'explosifs, non pas en les mettant directement au contact de ces derniers, mais en les plaçant à la base du tube intérieur de la bombe, l'explosif étant dans une nacelle à la partie haute. Les pressions et les températures dans l'onde de choc au moment de la détonation sont ici sans effets sur la roche qui n'est pas pulvérisée; seules agissent la pression de 3000 à 4000 kg par centimètre carré des gaz de la détonation, répartie et maintenue dans la bombe, et la température de recuit qui a été d'environ 600° pendant 10 jours.

L'explosif ne sert plus dans ces expériences que pour réaliser une atmosphère de haute pression. Le prisme de roche préalablement taillé, d'environ 6^{mm} de diamètre et de 2^{cm} de hauteur, se retrouve après ouverture de la bombe et il peut en être fait des plaques minces.

Un certain nombre d'essais ont été réalisés jusqu'ici, d'une part avec un chloritoschiste des Maures *largement cristallin*, d'autre part avec un schiste famennien du Morvan, un peu calcarifère, composé d'*éléments très fins*, et avec une argile du Bassin de Paris riche en *matière colloïdale*.

Deux séries d'essais ont été poursuivies, l'une avec addition d'eau distillée seule, l'autre avec, en outre, un alcali, potasse ou soude. De la comparaison des roches témoins et des roches traitées, observées en plaques

(¹) Séance du 10 juillet 1939.

(²) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 293, 1030 et 1594.

minces, il résulte que les minéraux préexistants ont subi un commencement d'évolution parfois très avancée et que des minéraux nouveaux ont pu naître *in situ*, à leur place. Assez modestes dans les expériences avec l'eau seule, les phénomènes de métamorphisme ont été bien plus intenses avec l'eau accompagnée d'alcalis.

Dans le chloritoschiste largement cristallin, riche en clinochlore, accompagné d'oligiste, il est né du mica blanc, des spinelles, et un minéral très

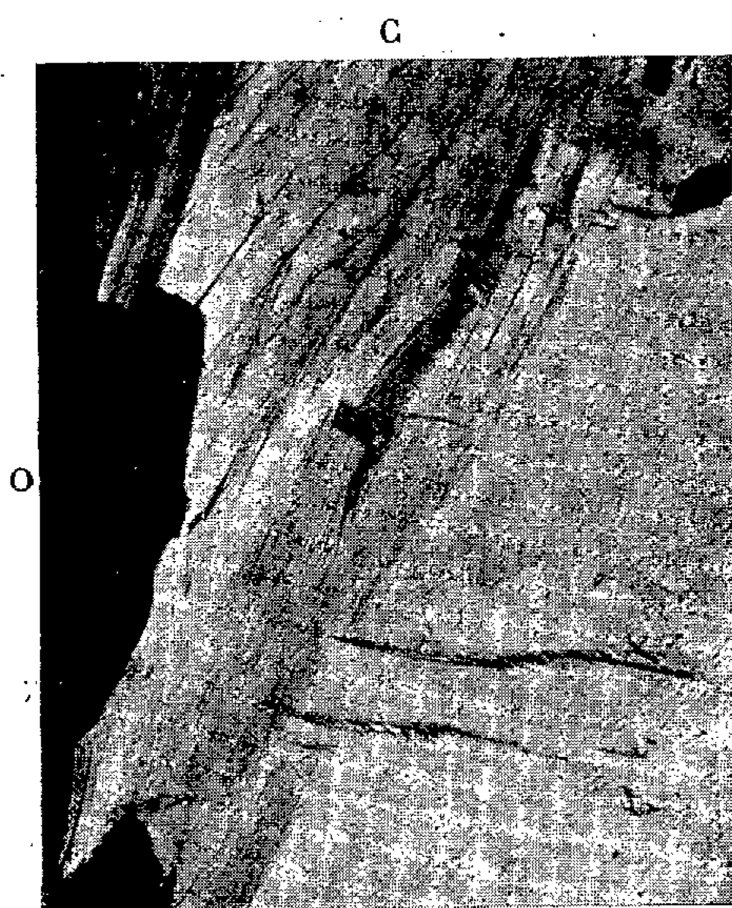


Fig. 1.

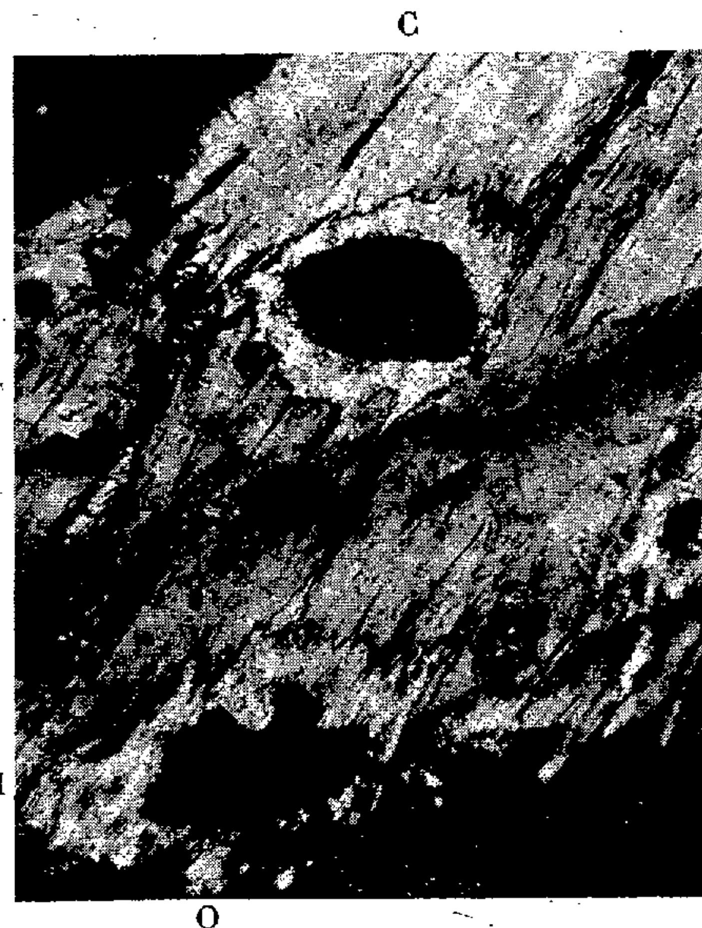


Fig. 2.

Fig. 1. — Chloritoschiste des Maures en plaque mince entre nicols croisés. Gross. × 85. Témoin. C, clinochlore; O, oligiste.

Fig. 2. — Le même chloritoschiste en plaque mince entre nicols croisés. Gross. × 170, après séjour de 10 jours à 600° dans les gaz de la détonation de 3000 à 4000^{kg} de pression par cm^2, avec eau et potasse caustique. Autour des grains d'oligiste, le clinochlore s'est transformé en mica blanc M en passant par une chlorite amorphe qui forme un liséré noir. Au sein du mica blanc, dans les plans du clivage, sont nés des granules et vermicules d'un minéral à haut relief et haute biréfringence, rappelant l'épidote.

réfringent et biréfringent rappelant l'épidote. Les néogenèses sont disposées le long des surfaces de contact des minéraux entre eux; elles bordent principalement les plages d'oligiste et gagnent dans le clinochlore en suivant les plans de clivage.

Dans le schiste à fins éléments, il s'est formé de nombreuses paillettes de séricite; en outre, les petites plages de calcite ont été en partie résorbées et ont fait place à de petits cristaux prismés à extinction oblique encore

imparfaitement déterminés. Les parois hautes du tube intérieur de la bombe se sont recouvertes par pneumatolyse de fins cristaux à extinction oblique, qui ont donné aux rayons X un diagramme d'anorthite. On y rencontre également quelques petits prismes verdâtres polychroïques pouvant être de l'amphibole.

Enfin, dans l'argile du Bassin de Paris, l'halloysite à allongement négatif a disparu, pour être remplacée par une séricite à allongement positif dont la détermination a été vérifiée par un diagramme aux rayons X; à la plasticité initiale a fait place un état cassant. La surface libre supérieure est scoriacée et porte un lacis de fins cristaux verdâtres, et par place des rosettes d'aiguilles blanches d'origine pneumatolytique encore mal déterminées.

Il apparaît ainsi que les gaz sous hautes pressions ont pénétré aisément au cœur de ces roches; dans la roche largement cristalline, par tous les joints et plans de clivage; dans les roches à éléments fins et riches en matières colloïdales, par une imbibition générale. Le thermisme, la pression de gaz avec eau et alcalis ont produit des évolutions cristallines considérables en peu de temps. L'on ne peut se défendre de faire un rapprochement entre ces phénomènes de cristallisation provoqués artificiellement par des gaz et de la vapeur d'eau pénétrant au sein de roches solides et ceux que l'on observe dans la nature, dans les roches métamorphiques de contact et les roches cristallophylliennes en relation avec les granites. L'importance des évolutions minéralogiques par voie gazeuse au sein des roches préexistantes apparaît certaine.

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Résistance du virus de l'anémie infectieuse au rayonnement de la lampe à mercure*. Note de M. **Lucien Balozet**, transmise par M. Emmanuel Leclainche.

L'action destructrice des rayons lumineux de faible longueur d'onde (région ultraviolette du spectre) sur les bactéries, levures, champignons, protozoaires, est bien connue. Leur effet sur les virus étudiés jusqu'ici à ce point de vue est analogue. Les virus de l'herpès, de la vaccine, de la rage (virus fixe et virus des rues), de la maladie de Borna, de la fièvre aphteuse, de la stomatite vésiculeuse, du sarcome de Rous, du lymphogranulome sont détruits en des temps variant de quelques minutes à moins d'une heure, selon la nature du virus, les caractéristiques de la source, l'énergie émise

en radiations actives et la distance entre la source et le virus exposé ([1]). On sait que l'action bactéricide est en raison inverse du carré de cette distance.

Le virus de l'anémie infectieuse des Équidés semble se comporter d'une manière différente, comme le montrent nos expériences dont voici les conditions :

Source. — La source est une lampe Gallois à vapeur de mercure, à basse pression et à haute tension (4500 volts, 50 mA.). Le tube de quartz, long de 4^{m}, est enroulé en forme de cône de 6^{cm} de diamètre à la base et 3^{cm},5 de hauteur. Le spectre de cette lampe, étudiée par G. Déjardin et Mlle R. Schwegler ([2]), présente un maximum d'intensité très marqué pour λ 2537 Å.

Virus. — Le virus employé est du sérum d'âne inoculé et prélevé pendant la première période fébrile de la maladie. Ce sérum a toujours été soigneusement clarifié par centrifugation avant chaque irradiation.

Dispositif de l'expérience. — Dix centimètres cubes de sérum sont placés dans une boîte de Pétri à fond bien plat de 9^{cm} de diamètre. L'épaisseur de la couche de sérum, uniformément étalé, est de 1^{cm},5 environ.

Cette boîte est placée, découverte, sous le cône de la lampe, le niveau du sérum à 8^{cm} de la base du cône. Le fond de la boîte et les côtés sur 0^{cm},5 de hauteur baignent dans l'eau d'un cristallisoir pour empêcher l'élévation de la température. Un dispositif permet de renouveler l'eau du cristallisoir, lorsque c'est nécessaire, sans interrompre l'irradiation. La température, mesurée par un thermomètre à demeure dans l'eau du cristallisoir, a été maintenue au-dessous de 30°.

Enfin, pour éviter l'évaporation, qui aurait été très forte pendant les longues expositions, un mince papier de cellophane couvrait le cristallisoir.

Résultats. — Deux séries d'expériences ont été faites pendant lesquelles le virus a été exposé pendant les temps suivants : 1re série, 5 min., 15 min., 30 min., 1 h.; 2e série, 1 h., 3 h. et 7 h. Un âne a été inoculé, dans la veine, avec les 10$^{cm^3}$ de chacun de ces virus irradiés. Tous les ânes ont été infectés et ont fait la maladie de la manière la plus habituelle.

Le virus de l'anémie infectieuse ne s'est donc pas montré altéré par son exposition aux radiations de la lampe à mercure, cette exposition étant réalisée dans des conditions sévères : distance très courte, temps prolongé jusqu'à 7 heures. Dans les mêmes conditions expérimentales, notre collègue P. Durand (de qui nous tenons le dispositif décrit ci-dessus) obtient en 2 à

([1]) Il est impossible de citer ici tous les travaux sur ce sujet. Cf. notamment l'article de C. Levaditi, *Les Ultravirus*, dans *Les Ultravirus des maladies humaines*, Paris, 1938, p. 36 et suivantes.

([2]) *Rev. d'Optique théorique et instrumentale*, 13, 1934, p. 251-258.

3 minutes, la stérilisation d'une suspension de bacille d'Eberth titrant 1 milliard par centimètre cube. Toujours dans les mêmes conditions, dans une expérience de contrôle, nous avons observé que le virus de la clavelée (claveau dilué au 1/10e et clarifié par centrifugation) est tué en moins de 5 minutes.

Les résultats de nos expériences semblent s'opposer à ceux de la Commission japonaise (3), qui a observé la perte de virulence par une insolation de 2 heures, de sang virulent en couche mince. Le rapport mentionne que la température de la chambre où était faite l'expérience était de 31° et, qu'au soleil, cette température atteignait 49°. Il est vraisemblable que le sang exposé a atteint ou dépassé cette température, sa couleur retenant les rayons caloriques. La stérilisation, dans l'expérience japonaise, est vraisemblablement due à l'élévation de la température du sang exposé au soleil et non aux rayons lumineux.

Le virus de l'anémie infectieuse des Équidés fait donc une très remarquable exception, par sa résistance à l'irradiation par la lampe à mercure et particulièrement aux rayons ultraviolets, parmi les virus connus et étudiés jusqu'ici à ce point de vue.

IMMUNOLOGIE. — *Fraction non précipitable d'un système d'anticorps spécifiques.* Note (1) de M. **André Bonot**, présentée par M. Paul Portier.

Nous avons étudié la réaction de précipitation spécifique de la sérumalbumine iodée avec son antisérum. Deux fractions de sérumalbumine de cheval très différentes, l'une fort peu soluble mais facilement cristallisable *ps*, l'autre très soluble et non cristallisable *ts*, ont été iodées en milieu peu alcalin. Le dérivé iodé *psi* est cristallisable comme la fraction dont il provient. Lui seul a été injecté par voie intraveineuse à des lapins, race *Géant des Flandres*, chacun recevant, en l'espace de 15 à 18 jours, 9 injections contenant chacune 80 à 100mg d'iodoprotéide. L'antisérum est recueilli 7 jours après la dernière injection.

Dans le tableau qui suit, nous avons rassemblé les résultats de l'étude

(3) *Report of the results obtained by the special Committee for the investigations on infectious anemia amongst horses.* Broch. de 59 p., Tokyo, 1914, publiée par *The Horse administration Bureau*

(1) Séance du 3 juillet 1939.

des réactions d'un antisérum très actif avec chacun des antigènes *psi* et *tsi*. Dans une catégorie d'essais un volume donné d'antisérum est précipité par une quantité exactement mesurée et variable d'antigène introduite sous petit volume; dans une autre l'antisérum est étendu à des dilutions croissantes. Les précipités se déposent à 0°C. pendant 24 heures, puis ils sont centrifugés, lavés et amenés en solution alcaline homogène. Sur une prise on dose l'azote N_t par microkjeldahl et sur une autre l'iode par la méthode précise de Leipert. Par l'iode on calcule la teneur en azote d'antigène N_g et l'on déduit ce qui reste d'antigène dans la liqueur mère.

La quantité maximum d'azote d'anticorps ($N_c = N_t - N_g$) précipitée de 1^cm³^ d'antisérum par l'antigène hétérologue *tsi* est de 10 % inférieure à celle que précipite *psi*. Mais bien que 10 % au moins des anticorps ne soient pas précipitables par *tsi*, la possibilité de leur combinaison avec cet antigène est démontrée par le fait qu'il inhibe complètement la précipitation de l'antisérum par *psi*.

		Pour 1^cm³^ d'antisérum							1^cm³^ liq. mère contient				
		antigène introduit		le précipité renferme						approx. 1		approx. 2	
	$\frac{1}{v}$.	Iode.	N_g.	Iode.	N_g.	N_t.	N_c.	$\frac{N_c}{N_g}$ précipité.	N_g.	N_c.	$\frac{N_c}{N_g}$.	N_c.	$\frac{N_c}{N_g}$.
psi													
0......	–	1469	1747	pas de précipité				–	–	–	0,50	–	0,57
1*a*....	0,8	979	1165	70,3	83,7	255,3	171,5	2,05	865	563	0,65	663	0,77
b....	0,31	"	"	61,9	73,6	243,5	170	2,31	338	218	0,64	257	0,76
c....	0,1	"	"	trouble peu important				–	116	87,5	0,75	100	0,85
2*a*....	0,91	391,5	467	221	263	1103	840	3,19	185	31,8	0,17	145	0,78
b....	0,666	"	"	208,5	248	1052	804	3,24	146	47,3	0,32	130	0,89
c....	0,1	"	"	131,5	156,5	668	511,5	3,27	31	36,3	1,12	48,8	1,57
3......	0,8	195,7	233	153,5	182,7	1031	848	4,63	40,2	21,6	0,54	122	3,04
4......	0,89	97,9	117	85,3	101,5	827	725,5	7,14	13,8	133	9,6	245	17,7
5......	0,94	48,9	58	45,9	54,6	593	538	9,9	3,2	316	99	432	135
6......	0,96	25,45	30,3	24,1	28,7	356,7	328	11,4	1,53	524	343	644	420
tsi													
0......	–	1529	1730	pas de précipité				–	–	–	0,50	–	0,58
1......	0,73	1019	1153	21,8	24,7	71,9	47,2	1,91	820	602	0,73	696	0,85
2......	0,87	407	461	221	249,7	958	708	2,83	183	146	0,8	254	1,44
3......	0,8	204	230	154,2	174,2	950	776	4,5	45	79	1,75	179	3,98
4......	0,89	102	115	86,8	98,1	703	605	6,15	15,3	240	15,6	351	22,9
5......	0,94	51	57,6	45,1	51	476	425	8,3	6,2	423	68,2	540	87
6......	0,97	25,5	28,8	22,8	25,8	291	265	10,3	2,9	591	203	712	245

Les poids sont exprimés en 0^mg^,001. v est le volume auquel 1^cm³^ d'antisérum se trouve étendu.

A l'aide des résultats obtenus dans l'étude de la réaction de l'antisérum avec l'antigène *psi*, le titre de l'antisérum peut être apprécié par tâtonnements. La comparaison des essais 2*a* et 2*c* montre que lorsque 1^{cm^3} d'antisérum est étendu de 1,1 à 10^{cm^3}, il passe en solution $(840-511)^{\gamma}$ de N_c, soit environ 35^{γ} par centimètre cube. En ajoutant cette valeur au maximum précipitable, on obtient une valeur approchée du titre : 875^{γ} de N_c par centimètre cube d'antisérum. Cela correspondrait aux compositions de liqueurs mères portées dans la colonne approx. 1 du tableau. Le rapport anticorps en solution/antigène en solution passerait par un minimum accentué 0,17 au commencement de la zone d'inhibition partielle, valeur qui appartiendrait également au domaine d'inhibition complète de la précipitation. Cette incohérence indique que le titre évalué est trop faible. Si l'on suppose que la teneur des liqueurs mères en anticorps est une fonction croissante de la dilution dans l'un quelconque des intervalles 2*a*, 2*b*, 2*c*, on aboutit à la même incohérence et l'on se trouve conduit à conclure que, pour une proportion constante des réactifs, la teneur de la liqueur mère en anticorps décroît avec la dilution, ainsi que le fait d'ailleurs la teneur en antigène.

Cette remarque permet une évaluation par défaut de la teneur des liqueurs mères en anticorps. A partir des données fournies par les essais 2*a*, 2*b*, 2*c*, nous avons effectué une approximation dont il résulte que le titre de l'antisérum est au moins de 1000^{γ} de N_c par centimètre cube. A cette donnée correspondent les compositions de liqueurs mères figurant dans la colonne approx. 2 du tableau. Ces résultats sont acceptables. Ils indiquent que, dans le domaine où l'excès d'antigène inhibe partiellement la précipitation, le rapport anticorps en solution/antigène en solution varie peu quelle que soit d'ailleurs la dilution de l'antisérum.

Plus du sixième des anticorps demeure donc en solution dans les conditions mêmes de leur précipitation la plus complète. Nous pensons qu'il faut voir là une conséquence de l'hétérogénéité du système anticorps.

IMMUNOLOGIE. — *Existence d'un antigène commun aux deux espèces* Spherophorus funduliformis *et* Spherophorus necrophorus. Note [1] de MM. **A. R. Prévot** et **E. Kirchheiner**, présentée par M. Louis Martin.

Les deux espèces bactériennes *funduliformis* et *necrophorus* ont été longtemps considérées comme très différentes et sans aucune parenté. De plus, leur position dans la systématique a été jusqu'à ces temps derniers totalement méconnue, et l'on a été jusqu'à classer l'espèce *necrophorus* dans huit genres différents (*Bacillus*, *Bacterium*, *Actinomyces*, *Fusiformis*, *Corynebacterium*, *Oospora*, *Cladothrix* et *Streptothrix*) alors que l'espèce *funduliformis* hésitait entre deux genres (*Bacillus* et *Bacteroides*).

En 1938, en s'appuyant sur une similitude morphologique indéniable qui les classe sans discussion possible parmi les Actinomycétales (existence de sphéroïdes libres ou sessiles, de formes en massues, de métachromasies etc.), l'un de nous [2] les a rapprochées dans le même genre nouveau, *Spherophorus*, genre-type de la famille nouvelle des *Spherophoraceæ* réunissant les Actinomycétales Gram-négatives. Par ailleurs Dack, Dragstedt, Heinz en 1937 [3], puis Dack, Dragstedt, Johnson et Mc Cullough en 1938 [4] se fondant sur les analogies culturales de ces deux bactéries, ont été jusqu'à les identifier.

Par contre, Laporte et Brocard [5], qui ont réussi à appliquer la séroréaction de Dujarric de la Rivière aux infections à *S. funduliformis* (floculation spécifique d'un extrait alcoolique microbien additionné de benjoin de Sumatra au 1/10e, par le sérum de convalescents ou par le sérum antimicrobien de lapin), ont vu que les sérums anti-*funduliformis* ne floculaient pas les extraits alcooliques de *S. necrophorus*. Ils en concluent que ces espèces sont différentes.

Il y a donc là un problème très important d'identification ou de différenciation de deux anaérobies très fréquents, très pathogènes, problème auquel nous apportons ici notre contribution.

---

(1) Séance du 10 juillet 1939.
(2) A. R. Prévot, *Ann. de l'Inst. Pasteur*, **60**, 1938, p. 285.
(3) *J. of Inf. Dis.*, **60**, 1937, p. 335.
(4) *J. of Inf. Dis.*, **62**, 1938, p. 169.
(5) *C. R. Soc. Biol.*, **131**, 1939, p. 4.

1° Nous avons préparé des sérums antimicrobiens en injectant dans la veine de lapins des quantités croissantes d'une suspension de microbes lavés, stabilisée par un séjour à la glacière, et suivant le rythme accéléré indiqué par l'un de nous en 1923 (6). Nous avons ainsi obtenu des sérums agglutinants très actifs, le sérum anti-*funduliformis* agglutinant la souche homologue au 1/1000e, le sérum anti-*necrophorus* agglutinant la souche homologue au 1/5000e. Or, en pratiquant les épreuves d'agglutination croisée, nous avons constaté que le sérum anti-*funduliformis* agglutinait les corps microbiens de *S. necrophorus* au 1/100e. Il existe donc un antigène bactérien commun aux deux espèces, antigène qu'il s'agissait d'isoler et d'étudier;

2° En appliquant la méthode de A. Boivin et L. Mesrobeanu à ces deux espèces nous avons réussi à extraire de chacune de nos souches, une substance blanchâtre extractible par l'acide trichloracétique (7), non dialysable, très toxique pour la souris par voie intraveineuse, facilement soluble dans l'eau distillée où elle donne des solutions colloïdales blanchâtres opalescentes très caractéristiques, précipitables par l'alcool absolu et l'acétone pur. Le rendement a été de 0g,11 à partir de 26g,2 de corps microbiens frais pour *S. necrophorus* et de 0g,9 à partir de 14g,9 de corps microbiens frais pour *S. funduliformis*. Elle est donc plus abondante chez ce dernier.

Ces deux substances sont précipitées spécifiquement par les sérums antimicrobiens homologues en 2 heures 30 minutes à 3 heures à la température de 42°. Elles répondent donc en tous points à la définition de Boivin et Mesrobeanu de l'antigène complet, lipido-glucidique des bactéries Gram-négatives.

Or, dans les mêmes conditions de température et de temps, l'antigène complet isolé de *S. necrophorus* est totalement précipité par le sérum anti-*funduliformis* dans la proportion de 1cm³ d'antigène pour 0cm³,3 de sérum, et réciproquement l'antigène complet isolé de *S. funduliformis* est totalement précipité par le sérum anti-*necrophorus* dans la proportion de 1cm³ d'antigène pour 0cm³,1 de sérum, les témoins restant opalescents et stables.

Nous en concluons que les espèces voisines *S. funduliformis* et *S. necrophorus* possèdent un antigène complet lipido-glucidique commun, d'ailleurs

(6) A. R. Prévot, *Les streptocoques anaérobies*, Thèse, Paris, 1924.

(7) Nous avons noté un dégagement abondant de H^2S au cours de l'action de l'acide trichloracétique sur les microbes lavés.

beaucoup plus abondant pour *S. funduliformis* que pour *S. necrophorus*; mais nous nous gardons bien de faire de cette communauté antigénique une preuve de l'identité de ces espèces, car nous connaissons maintenant de nombreux exemples de communauté antigénique entre des espèces indubitablement distinctes.

La séance est levée à 15^h30^m.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 5 juin 1939.)

Note de MM. *Ganesh Prasad* et *S. Levine*, Sur l'énergie d'interaction mutuelle de deux particules colloïdales hydrophobes :

Dans les équations (2) et (4) et aussi dans la ligne 5, page 1813, *au lieu de* k, *lire* $\varkappa$; même page, ligne 1, *au lieu de* $\varkappa T$, *lire* kT, (k, constante de Boltzmann); ligne 9, *au lieu de* $K_\nu(z)$, *lire* $K_\nu(z)$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 JUILLET 1939.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE BÉHAL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

J'ai à vous faire part de la douloureuse nouvelle du décès de notre Confrère **Eugène Fichot**. Il assistait à l'une de nos dernières séances et se réjouissait à l'idée de prendre des vacances et la mort qui l'a enlevé, sans souffrances prolongées, lui a donné des vacances éternelles.

Lazare-Eugène Fichot était né au Creusot (Saône-et-Loire), le 18 janvier 1867; il est décédé le 17 juillet 1939 dans la Gironde, à Tabanac, qui abrite sa tombe.

Il était entré à l'École polytechnique en 1884, en était sorti dans le Corps des Ingénieurs hydrographes de la Marine en 1886 et son activité s'est déployée dans de nombreux domaines : Hydrographie, Géodésie, Géographie et Physique du Globe, Théorie des Marées, Étude pratique de leur utilisation. Mais, en dehors de ce champ qui relevait en partie de ses fonctions, Fichot en a cultivé d'autres qui présentent un grand intérêt. C'est ainsi que, durant l'une de ses missions sur les côtes de Madagascar, il a fait de fructueuses observations d'orographie, de météorologie et de géologie; qu'à la Réunion, en 1890, au cours d'une ascension du volcan en éruption dans cette île, il fait d'intéressantes observations géologiques et botaniques et il faut ajouter encore qu'en 1900, à la suite de déterminations magnétiques faites à Madagascar et aux Comores, il trouve une valeur quadruplée pour la variation annuelle de la déclinaison.

Son œuvre hydrographique est considérable et je ne puis la retracer tout entière.

A Madagascar, pour explorer au large du Cap Saint-André un vaste massif corallien, dont la distance à la côte dépasse celle à laquelle la terre est visible, les procédés ordinaires de l'hydrographie ne sont plus applicables et ceux de la navigation, estime et observations astronomiques à la mer, ne sont pas assez précis; pour la détermination des contours et des reliefs des bancs submergés, il imagine une triangulation entre sommets constitués par des balises flottantes solidement ancrées.

En 1908, dans la baie d'Along en Indochine, il découvre 40 roches nouvelles et trace une route sûre et bien abritée entre Cam-Ranh et Nha-Hang. En France, dans la rade de Cherbourg, Fichot, avec une technique personnelle et en employant des scaphandriers, découvre 7 roches complètement inconnues. En 1912, il signale les dangers de la navigation dans l'estuaire de la Gironde et ses prévisions devaient se réaliser malheureusement cinq ans plus tard; par contre, aucun accident de navigation n'est survenu dans les régions dont les cartes hydrographiques ont été dressées avec la collaboration de Fichot.

Ses travaux en Géodésie ne sont pas moins importants et l'Indochine a été dotée grâce à lui d'un canevas géodésique utilisable à la fois pour la confection des cartes marines et pour l'établissement des cartes terrestres du Service Géographique de la Colonie.

A côté de ces travaux d'ordre pratique, il convient de mentionner ceux d'ordre théorique. M. Fichot a fourni une démonstration rigoureuse de la formule de Puissant, puis, étendant les théories d'Andral et de Jordan sur les lignes géodésiques, il a découvert un théorème nouveau, grâce auquel la méthode dite des ingénieurs géographes a pu acquérir une précision égale à celle d'Andral adoptée par le Service Géographique de l'Armée. Il a encore, entre autres choses, déterminé l'azimut d'émission et la longueur d'une géodésique reliant un point à son antipode.

Mais l'œuvre capitale d'Eugène Fichot est l'œuvre des marées, qu'il a publiée dans un petit livre, *Les marées et leur utilisation industrielle*, de la Collection *Science et Civilisation* (G.-V.). Cet ouvrage résume, sous une forme accessible à tous ceux qu'intéressent les questions de géophysique, non seulement les faits classiques mais beaucoup de résultats inédits de ses recherches personnelles. En outre, un mémoire très étendu de M. Fichot, ayant pour titre : *Exposé critique de la Théorie des Marées*, est en cours de publication dans les *Annales du Bureau des Longitudes* (tome XI).

Il a écarté délibérément les explications élémentaires, qui, dans un phénomène aussi complexe, n'aboutissent qu'à en fausser la conception en masquant toute la difficulté. Émile Picard a pu dire que Fichot, à la fois théoricien et technicien, était seul capable d'entreprendre une telle synthèse, et l'on peut dire que les difficultés de la théorie des marées se sont aplanies d'une façon considérable grâce à ses travaux.

La Science et la France perdent en lui un homme de très grande valeur.

Eugène Fichot avait été élu Membre de la Section de Géographie et Navigation le 2 février 1925, en remplacement de Bertin. Il était Ingénieur hydrographe général, Directeur du Service hydrographique de la marine, Membre du Bureau des Longitudes et de l'Académie de Marine. Il était grand-officier de la Légion d'honneur.

Au nom de l'Académie des Sciences j'adresse à sa famille l'expression de nos condoléances.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les équations de l'écoulement permanent relatif d'un fluide parfait et l'hypothèse des courants.* Note [1] de M. **Maurice Roy.**

On considère *exclusivement* ici l'écoulement *permanent* d'un *fluide parfait*, en transformation *adiabatique*.

Pour plus de généralité, l'écoulement en question est supposé *relatif* à des axes en rotation uniforme d'entraînement, à laquelle peut s'ajouter une translation uniforme d'entraînement parallèle à l'axe de cette rotation.

La Thermodynamique fournissant les équations générales d'un tel mouvement, nous nous proposons de développer ici une transformation spéciale des équations classiques en variables d'Euler pour y faire apparaître l'*énergie interne* et l'*entropie* du fluide. Plus exactement, la première interviendra dans une quantité complexe, dite *vitesse-limite*.

Cette transformation a pour but de mettre en évidence la vitesse-limite, l'entropie et le tourbillon absolu, grandeurs qui peuvent ici présenter, très généralement, la propriété d'être constantes (ou même nulle, pour le tourbillon absolu) le long et même en travers du courant, dans des domaines plus ou moins étendus.

---

[1] Séance du 17 juillet 1939.

En outre, on prendra ici pour coordonnées d'Euler des coordonnées identifiées localement avec les déplacements selon les directions principales des lignes de courant.

1. *Équations intrinsèques du mouvement.* — Posons

$$\frac{l^2}{2} = \mathrm{U} + \frac{p}{\rho} + \frac{w^2 - u^2}{2} \tag{1}$$

(U, énergie interne; p, pression; ρ, densité; w, vitesse relative; u, vitesse de rotation d'entraînement). Un choix convenable de la constante arbitraire de U permet, en général, de donner à l la signification d'une *vitesse-limite* du fluide.

Par dérivation partielle de (1) par rapport à une coordonnée quelconque, on peut écrire

$$l\frac{\partial l}{\partial j} = \frac{\partial}{\partial j}\left(\mathrm{U} + \frac{p}{\rho}\right) + w\frac{\partial w}{\partial j} - u\frac{\partial u}{\partial j} = \mathrm{T}\frac{\partial \mathrm{S}}{\partial j} + \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial j} + w\frac{\partial w}{\partial j} - u\frac{\partial u}{\partial j}, \tag{2}$$

T et S désignant la température absolue et l'entropie du fluide.

Suivant les trois directions principales ($\bar{s}$, tangente directe; $\bar{n}$, normale principale vers le centre de courbure; $\bar{b}$, binormale; $\bar{s}\bar{n}\bar{b}$, trièdre direct) d'une ligne de courant (A) du mouvement relatif permanent, les équations intrinsèques (I) du mouvement se mettent, en utilisant (2) et la signification donnée à la dérivation partielle, sous la forme correspondante (II)

$$\text{(I)}\quad \begin{cases} \dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial p}{\partial s} = -w\dfrac{\partial w}{\partial s} + u\dfrac{\partial u}{\partial s}, \\ \dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial p}{\partial n} = -w\dfrac{\partial w}{\partial n} + u\dfrac{\partial u}{\partial n} - 2w\zeta_a, \\ \dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial p}{\partial b} = -w\dfrac{\partial w}{\partial b} + u\dfrac{\partial u}{\partial b} + 2w\eta_a; \end{cases} \qquad \text{(II)}\quad \begin{cases} l\dfrac{\partial l}{\partial s} = \mathrm{T}\dfrac{\partial \mathrm{S}}{\partial s}, \\ l\dfrac{\partial l}{\partial n} = \mathrm{T}\dfrac{\partial \mathrm{S}}{\partial n} - 2w\zeta_a, \\ l\dfrac{\partial l}{\partial b} = \mathrm{T}\dfrac{\partial \mathrm{S}}{\partial b} + 2w\eta_a. \end{cases}$$

On désigne par ξ_a, η_a et ζ_a les composantes suivant $\bar{s}$, $\bar{n}$ et $\bar{b}$ du tourbillon absolu $\overline{\Omega}_a$

$$\xi_a = \omega_s + \frac{1}{2}\left(\frac{\partial w_b}{\partial n} - \frac{\partial w_n}{\partial b}\right), \qquad \eta_a = \omega_n + \frac{1}{2}\frac{\partial w}{\partial b}, \qquad \zeta_a = \omega_b + \frac{1}{2}\left(\frac{w}{\mathcal{R}} - \frac{\partial w}{\partial n}\right), \tag{3}$$

[ω_s, ω_n, ω_b, composantes suivant $\bar{s}$, $\bar{n}$, $\bar{b}$ de la rotation constante $\bar{\omega}$ d'entraînement; $\mathcal{R}$, rayon de courbure de (A)].

2. *Relation entre la vitesse-limite, l'entropie et le tourbillon absolu.* — Le fluide étant parfait, son écoulement adiabatique est isentropique le long de (A), sauf *a priori* à la traversée d'une discontinuité d'état ou de mouve-

ment, localisée ici sur des surfaces *d'onde de choc* (ou des surfaces de *ressaut) stationnaires.*

Mais la Thermodynamique enseigne que, le long de (Λ) et à la traversée d'une telle surface, l reste constant tandis que S éprouve un accroissement fini.

Compte tenu de cette remarque, les équations (II) permettent de formuler les propositions suivantes :

1° *Dans un domaine où la vitesse-limite l est uniforme, l'entropie* S *est également uniforme si le tourbillon absolu $\overline{\Omega}_a$ est parallèle à la vitesse relative $\overline{w}$ ($\eta_a = \zeta_a = 0$), et réciproquement.*

2° (Réciproque de 1°). *Dans un domaine où l'entropie est uniforme, la vitesse-limite est également uniforme si $\overline{\Omega}_a$ est parallèle à $\overline{w}$, et réciproquement.*

3° *En tout point d'un domaine où la vitesse-limite est uniforme, le tourbillon absolu est tangent à la surface iso-entropique passant en ce point.*

4° Dans le domaine précédent, toute ligne-tourbillon (absolu) est sur une surface iso-entropique. Par conséquent, toute surface de cette sorte peut, *dans un tel domaine, être regardée comme le support d'un réseau formé par des lignes de courant* (Λ) *et par des lignes-tourbillon* (*absolu*), toutes deux lignes d'égale entropie.

5° Dans le même domaine, les deux faces d'une *nappe infiniment mince de tourbillon absolu* sont des surfaces iso-entropiques. Une telle nappe est *une surface-cloison à travers laquelle la pression est nécessairement continue tandis que l'entropie éprouve une variation uniforme. Si cette variation est nulle, la discontinuité de la vitesse relative, à travers la nappe de tourbillon absolu, ne porte que sur sa direction et non sur sa grandeur.*

Les propositions précédentes prennent un intérêt particulier du fait que l'un et l'autre des deux cas ci-après peuvent se présenter, isolément ou simultanément, d'une manière assez générale.

a. L'écoulement provient d'une région (en général à l'infini amont) *où l'état et le mouvement absolu du fluide sont uniformes, la vitesse absolue y étant nulle ou parallèle à la rotation d'entraînement $\overline{\omega}$.* Dans ce cas, la vitesse limite l, invariable le long de chaque ligne (Λ), est constante à l'origine de ces lignes, donc uniforme.

La théorie des hélices propulsives, par exemple, peut se référer à une telle conception de l'écoulement relatif permanent.

b. L'écoulement permanent est l'aboutissement d'une mise en mouvement du fluide à partir du repos et sans choc (conception non valable, par consé-

quent, à l'aval d'une onde de choc). Alors le tourbillon absolu est uniformément nul (théorème de Lagrange) et le tourbillon relatif $\overline{\Omega}_r$ est uniforme $(\overline{\Omega}_r = -\overline{\omega})$.

3. *Hypothèse des courants.* — Cette hypothèse, relative à l'existence de surfaces (Σ) orthogonales aux lignes (Λ), équivaut à celle de l'orthogonalité du tourbillon relatif $(\overline{\Omega}_r = \overline{\Omega}_a - \overline{\omega})$ et de la vitesse relative $\overline{w}$.

Le cas particulier où le mouvement absolu est irrotationnel [(cas *b*) ci-dessus] est important en raison de la généralité de son application. Or, d'après ce qui précède, il n'est conciliable avec l'hypothèse des courants que si : α. ou bien, l'écoulement permanent étant à *trois dimensions*, la rotation d'entraînement est nulle $[\overline{\omega} = 0]$; β. ou bien, celle-ci n'étant pas nulle, l'écoulement (relatif) permanent est plan et orthogonal à $\overline{\omega}$. Cette circonstance restreint excessivement les écoulements permanents *relatifs* justiciables de l'hypothèse des courants.

En particulier, on voit que, si le tourbillon absolu est nul $(\overline{\Omega}_a = 0)$, l'hypothèse des courants (et, *a fortiori*, celle des tranches) ne saurait être valable pour l'écoulement permanent et adiabatique d'un fluide parfait dans un aubage de turbine hélicoïde.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE APPLIQUÉE. — *Sur une application du principe de la Loi-limite en Analyse dimensionnelle*. Note de M. **Robert Esnault-Pelterie**.

J'ai autrefois attiré l'attention sur un mode d'utilisation de l'Analyse dimensionnelle que j'ai appelé *Principe de la Loi-limite* [1]; récemment, j'ai eu l'occasion d'appliquer à nouveau ce principe sous une forme assez différente : une machine fonctionnant avec de l'air devait comporter des clapets provoquant la moindre chute de pression possible sous une pression moyenne de 50^{atm}.

Il m'était pratiquement impossible d'expérimenter à cette pression sans me trouver entraîné à des complications que ne permettaient ni le temps, ni les moyens dont je disposais; force me fut donc d'opérer à la pression atmosphérique. Comment ce qui se passera sous la haute pression moyenne de l'application réelle peut-il être relié aux résultats ainsi acquis?

---

(1) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1968.

Supposons que la section de passage s offerte au fluide par le clapet soit liée à la chute de pression Δp au passage de ce clapet par la relation simple (voir plus loin) :

$$(1)\qquad s = \frac{1}{k}\Delta p^n,$$

nous en déduirons l'équation aux dimensions

$$(2)\qquad k = L^{-(2+n)} M^n T^{-2n}.$$

Appelant ρ la masse spécifique moyenne du fluide (la chute de pression devant toujours être très faible, cette approximation s'appliquera même à un gaz, et la compressibilité n'aura ainsi pas à intervenir dans nos équations), D son débit-volume, η sa viscosité, μ la masse du clapet par unité de surface normale, χ un coefficient de forme sans dimensions, je supposerai que :

1° le fluide pouvant être considéré comme incompressible,

2° la portion de canal envisagée étant très compliquée,

Le régime sera, conformément à mes anciennes expériences, ultra-turbulent, c'est-à-dire, *probablement*, voisin du régime isozémique

$$(3)\qquad \Delta p = A.\rho\frac{D^2}{s^2},$$

où A est une constante $\geqq 1/2$ (*loc. cit.*).

Je mettrai donc en évidence les trois variables, ρ, D, k, cette dernière introduisant simultanément s et la loi (1), et nous aurons l'écriture symbolique ([2])

	Paramètres de la loi-limite			Autres paramètres intervenants			Paramètre exprimé
Paramètres intervenants.	ρ.	D.	k.	η.	μ.	χ.	Δp.
Dimensions	L^{-3}	L^{+3}	$L^{-(2+n)}$	L^{-1}	L^{-2}	L^0	L^{-1}
	M		M^n	M	M	M^0	M
		T^{-1}	T^{-2n}	T^{-1}		T^0	T^{-2}
Exposants	x	y	z	r	t		

Par simple lecture des lignes d'exposants, on tire de là le système (*loc. cit.*) :

$$(\text{II})\qquad \begin{cases} -x+y-\dfrac{2+n}{3}z-\dfrac{1}{3}r-\dfrac{2}{3}t=-\dfrac{1}{3}, \\ x \quad + n.z + r + t = 1, \\ -y - 2n.z - r \quad = -2; \end{cases}$$

([2]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 757 (J'ai changé les colonnes en lignes et vice-versa, ce qui facilite encore la lecture).

puis

$$\text{(III)} \qquad \left\{\begin{aligned} x &= \frac{1}{1+2n} - \frac{2+3n}{2+4n} r - \frac{2+5n}{2+4n} t, \\ y &= \frac{2}{1+2n} - \frac{2+2n}{2+4n} r - \frac{2n}{2+4n} t, \\ z &= \frac{2}{1+2n} - \frac{-1}{2+4n} r + \frac{1}{2+4n} t, \end{aligned}\right.$$

et, enfin, par lecture des colonnes de III,

$$(4) \qquad \Delta p = A \sqrt[1+2n]{\rho D^2 k^2} . F \left[\frac{\eta}{\sqrt[2+4n]{\rho^{2+3n} D^{2+2n} k}}, \mu \sqrt[2+4n]{\frac{k}{\rho^{2+5n} D^{2n}}}, \chi \right].$$

L'équation (1) montre que la loi-limite mise en évidence :

$$(5) \qquad \Delta p = A \sqrt[1+2n]{\rho D^2 k^2},$$

représente un écoulement isozémique et que, conséquemment,

$$(6) \qquad A \geqq \frac{1}{2}.$$

Quelles inductions allons-nous pouvoir tirer de la forme (4)?

Appelant ϖ_1 la première variable sans dimensions de F, nous remarquerons tout d'abord qu'elle est la seule à contenir η, et il nous semblera naturel d'admettre que $\partial F / \partial \eta$ soit toujours positif, F tendant vers l'unité quand η tend vers zéro ; nous aurons donc

$$(7) \qquad \frac{\partial F}{\partial \eta} = \frac{\partial F}{\partial \varpi_1} \frac{\partial \varpi_1}{\partial \eta} \geqq 0 ;$$

comme il ne s'agit que de variables positives par essence, nous en déduirons

$$(8) \qquad \frac{\partial F}{\partial \varpi_1} \frac{\partial \varpi_1}{\partial \rho} \leqq 0.$$

Un raisonnement analogue peut être fait pour la seconde variable sans dimensions ϖ_2 qui est seule à contenir μ, en en exceptant peut-être certains cas de quasi-résonance ([3]) de la période propre du clapet par rapport à la fréquence de l'appareil.

En ce qui concerne ϖ_3, qui est seul à contenir χ et ne contient que lui,

([3]) Je n'ai pas de place pour un exposé détaillé ; ces cas présentent une action perturbatrice maximum possible d'autant moindre que la fréquence propre du clapet est plus élevée par rapport à celle de l'appareil. Dans le cas des expériences dont il va être fait état, cette action éventuelle devait être considérée comme négligeable.

l'appréciation est plus délicate; il semble pourtant logique d'admettre que ce coefficient est d'autant plus favorable à l'écoulement que l'ouverture du clapet augmente, et ceci se produit quand ρ ou D augmente.

En résumé, F doit être une fonction toujours décroissante de ρ, et la loi-limite (5) sera d'autant plus approchée que ρ augmentera; cette conclusion est d'accord avec mes anciennes mesures sur un liquide, où, la densité étant beaucoup plus élevée que dans le cas actuel, la loi était suivie aux erreurs de lecture près.

L'examen de (4) montre qu'un raisonnement identique peut être fait en ce qui concerne D; la variation de ce paramètre, seule facilement réalisable, étant donc substituée à celle de ρ, voyons quelles déductions nous pourrons tirer des résultats ainsi obtenus.

Pour évaluer n, j'ai opéré de deux manières : pour des clapets à doigt (du genre des anches d'instruments à vent), j'ai considéré le doigt simple ou composé comme encastré à sa base et fléchissant sous l'influence d'une charge uniformément répartie; le fléchissement est alors proportionnel à Δp, $n = 1$ et l'on a la loi-limite

$$\Delta p = \mathrm{A}\sqrt[3]{\rho\,\mathrm{D}^2 k^2}. \tag{7}$$

Pour un clapet en forme de disque circulaire souple, le mode de contrainte de la matière devait varier et il fallait effectuer des mesures. Comme il était compliqué d'opérer sous une charge uniformément répartie, celle-ci fut appliquée sous forme de poids déposés sur une rondelle centrale; bien que les flèches soient ainsi différentes, l'exposant de la loi n'en devait pas être altéré.

Un diagramme logarithmique fait ressortir que, pour un certain clapet considéré, la portion de courbe qui nous intéresse est pratiquement rectiligne, avec une pente de 0,542; nous avons donc

$$n = 0,542, \tag{8}$$

et notre loi-limite est

$$\Delta p = \mathrm{A}\sqrt[2,084]{\rho\,\mathrm{D}^2 k^2}. \tag{9}$$

Voyons maintenant les résultats d'une variation de D ou même de k.

Variation de D. — La vitesse angulaire de l'appareil pouvant être à volonté de 250 ou 500 T/M, Δp doit corrélativement varier au maximum dans le rapport $2^{2/3} = 1,59$ dans le cas de doigts, dans le rapport 1,945 dans le cas du disque obéissant à la loi (9).

Il a été mesuré respectivement 1,54 et 1,92.

Variation de k. — Des tentatives ont été faites en superposant un certain nombre de rondelles semblables; malheureusement cette manière de faire augmente (m/s) en même temps que k.

Ceci ne serait pas trop gênant du fait que, tout au moins dans une certaine limite, une variation de (m/s) ne doit pas sensiblement affecter le résultat, mais, ce qui pis est, k n'est pas proportionnel au nombre des rondelles comme je l'avais espéré.

Comme, par surcroît, la levée diminue quand k augmente alors qu'elle augmente avec D comme avec ρ, on ne saurait escompter de ce mode opératoire des indications d'une valeur comparable à celle qu'on tire de la variation de D seul. Tout ce qu'on en peut dire pour l'instant, c'est que la variation obtenue en doublant k est peu différente de celle obtenue en doublant D.

NOMINATIONS.

M. **A.-L. Gabriel**, Correspondant de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, est désigné pour représenter l'Académie au *XVIIIe Congrès international d'Anthropologie et d'Archéologie préhistorique* et à la *VIIIe Assemblée générale de l'Institut international d'Anthropologie* qui auront lieu à Istanbul, du 18 au 25 septembre 1939.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Lucien Berland. *Les Guêpes.*
2° S. Mazloum. *L'Afrine, étude hydrologique* (présenté par M. G. Perrier).

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur l'équation d'ondes d'un corpuscule à deux états de masse susceptible de représenter le proton-neutron.* Note de M. **Gérard Petiau**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous nous proposons dans cette Note de construire un système d'équations d'ondes représentant un corpuscule possédant deux états de masse non nulle tel que par exemple le double corpuscule proton-neutron.

Si nous désignons par λ_1 et λ_2 les masses réduites $(2\pi/h)m_1c$ et $(2\pi/h)m_2c$ de chacun de ces états, les équations d'ondes du corpuscule s'écriront, dans chacun des deux états,

$$S_1\Phi = (\partial_\mu\Gamma_\mu)\Phi = \lambda_1\Phi, \qquad S_2\Phi = (\partial_\mu\Gamma'_\mu)\Phi = \lambda_2\Phi.$$

Par raccord avec la théorie classique, dans le cas où la fonction d'onde Φ se réduit à une onde plane monochromatique à énergie positive, nous devrons avoir

$$\lambda_1^2\Phi = \Box\Phi = S_1^2\Phi, \qquad \lambda_2^2\Phi = \Box\Phi = S_2^2\Phi.$$

Les opérateurs S_1 et S_2 devront par suite satisfaire à l'équation en S

$$(S^2 - \Box)^2 = 0,$$

et seront liés par les relations

$$S_1^2 + S_2^2 = 2\Box, \qquad S_1^2 S_2^2 = \Box^2,$$

Nous adopterons pour système fondamental le système plus restrictif

$$S_1^2 + S_2^2 = 2\Box, \qquad S_1 S_2 = S_2 S_1 = \Box.$$

Ce système est équivalent à

$$(S_1 + S_2)^2 = 4\Box, \qquad (S_1 - S_2)^2 = 0.$$

Par suite $S^{(a)} = S_1 + S_2$ linéarise l'opérateur $4\Box$ et s'écrit

$$S^{(a)} = 2\Sigma_\mu \partial_\mu \gamma_\mu \qquad (\gamma_\mu\gamma_\nu + \gamma_\nu\gamma_\mu = 2\delta_{\mu\nu}).$$

$S^{(b)} = S_1 - S_2$ est un opérateur nulpotent et s'écrit

$$S^{(b)} = 2\Sigma_\mu \partial_\mu j_\mu \qquad (j_\mu^2 = 0;\ j_\mu j_\nu + j_\nu j_\mu = 0).$$

Les γ_μ forment un système de matrices de Dirac indépendant du système des j_μ car $S^{(a)}S^{(b)} = S^{(b)}S^{(a)}$ et par suite $\gamma^\mu j^\nu = j^\nu\gamma^\mu$.

Les j_μ se représentent au moyen d'un double système de matrice de Dirac en posant $j_\mu = j_\mu^+ + ij_\mu^-$ avec

$$j_\mu^+ j_\nu^+ + j_\nu^+ j_\mu^+ = 2\delta_{\mu\nu}; \qquad j_\mu^- j_\nu^- + j_\nu^- j_\mu^- = 2\delta_{\mu\nu}; \qquad j_\mu^+ j_\nu^- + j_\nu^- j_\mu^+ = 0.$$

(La non-hermiticité des j_μ n'introduit pas de difficulté car elle n'influe pas sur les valeurs propres.)

Nous obtenons, pour chacun des états de masse du corpuscule, les systèmes d'équations d'ondes

$$(a) \quad [\Sigma_\mu \partial_\mu(\gamma_\mu + j_\mu)]\Phi = \lambda_1\Phi; \qquad (b) \quad [\Sigma_\mu \partial_\mu(\gamma_\mu - j_\mu)]\Phi = \lambda_2\Phi.$$

Ces systèmes (a) ou (b) conservent leur forme lorsque les coordonnées subissent une transformation de Lorentz. On est alors conduit à remplacer la fonction Φ par la fonction $\Phi'(x') = S\,\Phi(x')$, la substitution S étant telle que $S^{-1}\Gamma_\mu S = O_{\mu\nu}\Gamma_\nu (x'_\mu = O_{\mu\nu}x_\nu)$. Si la transformation infinitésimale correspondant à S s'écrit

$$S = 1 + \frac{1}{2}\sum_{(\mu\nu)} \varepsilon_{(\mu\nu)} T_{(\mu\nu)} \qquad (T_{\mu\nu} = -T_{\nu\mu}),$$

un calcul facile montre que l'expression $T_{\mu\nu}$ peut s'écrire

$$T_{\mu\nu} = \frac{1}{2}(\gamma_{\mu\nu} + j^+_{\mu\nu} + j^-_{\mu\nu})$$

$$(\gamma_{\mu\nu} = \gamma_\mu\gamma_\nu;\ j^+_{\mu\nu} = j^+_\mu j^+_\nu;\ j^-_{\mu\nu} = j^-_\mu j^-_\nu).$$

La substitution

$$S = 1 + \sum_{(\mu\nu)} \frac{1}{2}\varepsilon_{(\mu\nu)}\left[\frac{1}{2}(\gamma_{\mu\nu} + j^+_{\mu\nu} + j^-_{\mu\nu})\right]$$

est la même pour les deux équations (a) ou (b).

On passe des équations (a) et (b) à des équations dans lesquelles le temps se sépare des coordonnées d'espace en multipliant ces équations par $-i\gamma_4$.

Posant $\gamma_4 = \alpha_4$; $-i\gamma_4\gamma_p = \alpha_p$; $\alpha_4 j_4 = \beta_4$; $-i\alpha_4 j_p = \beta_p = \beta^+_p + i\beta^-_p$, nous obtenons les deux équations

$$(a') \qquad \partial_t(1+\beta_4)\Phi = [\partial_p(\alpha_p + \beta_p) + \lambda_1 i\alpha_4]\Phi,$$
$$(b') \qquad \partial_t(1-\beta_4)\Phi = [\partial_p(\alpha_p - \beta_p) + \lambda_2 i\alpha_4]\Phi.$$

Ces équations vont nous permettre de définir le spin. Nous représentons celui-ci par un vecteur dont les composantes $S_{pq} = -S_{qp}$ $(p \neq q)$ satisfont aux relations

$$S_{pq}(\alpha_r + \beta_r) - (\alpha_r + \beta_r)S_{pq} = \frac{h}{2\pi i}[\delta_{pr}(\alpha_p + \beta_p) - \delta_{qr}(\alpha_q + \beta_q)],$$
$$S_{pq}\alpha_4 - \alpha_4 S_{pq} = 0, \qquad S_{pq}(1+\beta_4) - (1+\beta_4)S_{pq} = 0.$$

On obtient comme solution de ce système le vecteur de spin

$$S_{pq} = \frac{h}{2\pi}\,\frac{1}{2}[i\alpha_{pq} + i\beta^+_{pq} + i\beta^-_{pq}]$$

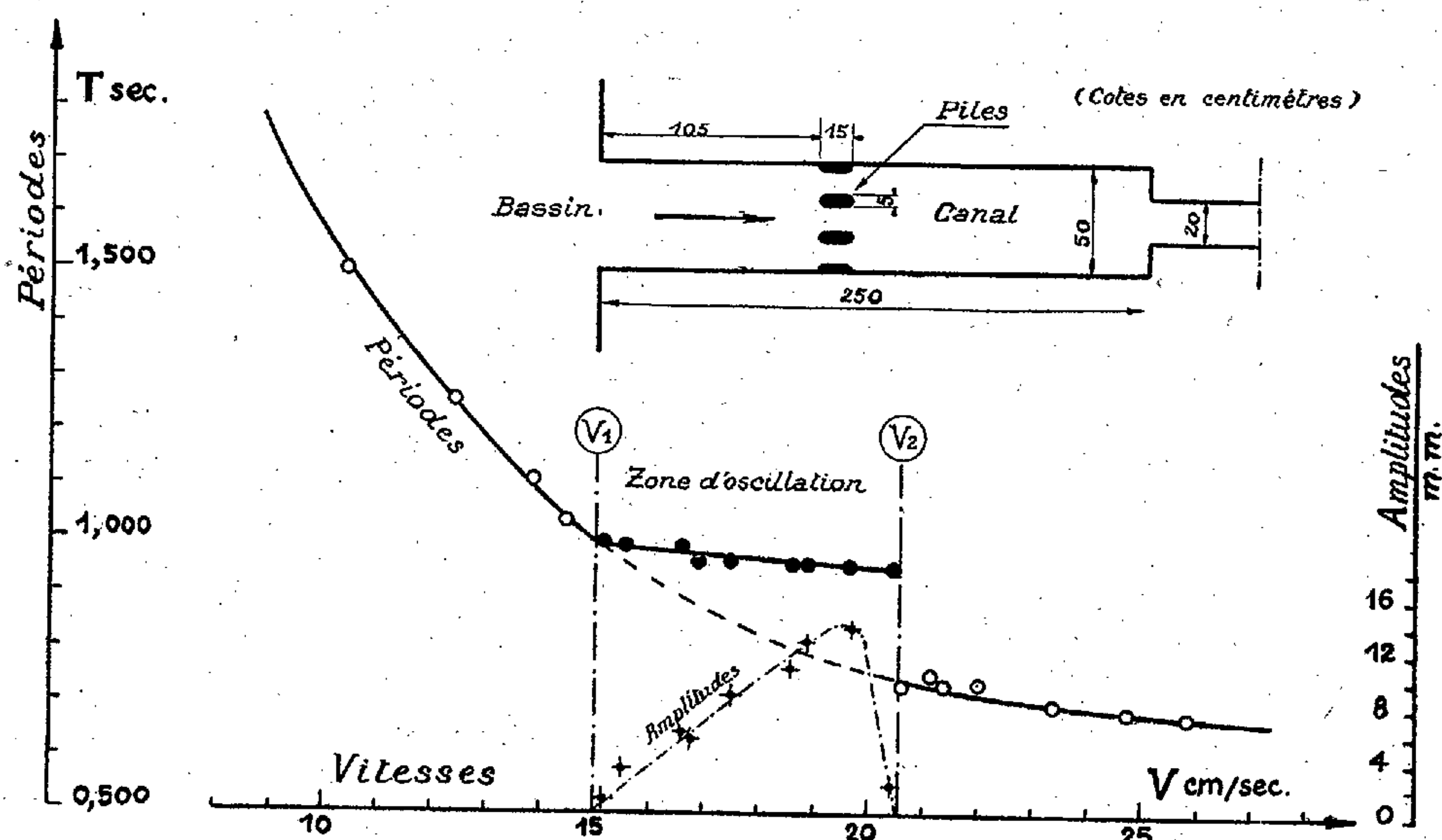
dont les valeurs propres sont

$$\pm\frac{1}{2}\,\frac{h}{2\pi} \quad \text{et} \quad \pm\frac{3}{2}\,\frac{h}{2\pi}.$$

Les équations (*a*) ou (*b*) ne s'appliquent qu'en l'absence de champ extérieur. En particulier les principes généraux ne permettent pas d'introduire la notion de charge et par suite une dissymétrie dans les propriétés des états de masse du corpuscule.

HYDRAULIQUE. — *Sur un phénomène d'oscillation du plan d'eau provoqué par l'écoulement autour d'obstacles en forme de piles de pont.* Note [1] de M. ÉTIENNE CRAUSSE, transmise par M. Charles Camichel.

La présente Note expose les résultats d'observations sur un modèle réduit de piles de pont dont la disposition d'ensemble est visible sur la figure. Ces piles, placées dans un canal d'expériences horizontal à parois



Période des tourbillons alternés à l'aval d'obstacles en forme de piles de pont. Selon la valeur de la vitesse d'écoulement, le plan d'eau oscille (points noirs) ou n'oscille pas (points blancs).

de verre, ménagent à l'écoulement trois passes d'égale largeur. Le canal, alimenté par un bassin amont, est continué par un long collecteur de largeur moindre se raccordant brusquement à lui. Le tirant d'eau est maintenu constant par le jeu d'une vanne placée à l'aval du collecteur. Un système de tranquillisation (coke entre grillages) est disposé à la sortie du bassin.

---

(1) Séance du 17 juillet 1939.

Considérons des valeurs successivement croissantes de la vitesse moyenne d'écoulement V dans le canal. Pour des valeurs inférieures à une limite V_1, on observe à l'aval des piles les phénomènes classiques de sillage. En particulier, les tourbillons alternés y ont une périodicité régulièrement décroissante, en concordance avec les observations faites par M. C. Camichel [2] et ses collaborateurs à l'aval d'obstacles immergés. Toutefois les tourbillons issus des piles centrales sont déphasés réciproquement d'une demi-période, de manière à s'enrouler en même temps vers l'intérieur, par exemple, de la passe centrale. Cette opposition paraît constituer, tout au moins dans les conditions de notre expérience, la seule forme stable du phénomène. L'écoulement dans la passe a le caractère pulsatoire mis en évidence, au cours d'expériences analogues, par MM. L. Escande et G. Sabathé [3]; il s'y produit périodiquement un déferlement superficiel qui *remonte* le courant et qui est provoqué par l'enroulement, vers l'intérieur de la passe, des tourbillons alternés issus des piles correspondantes.

Lorsque la vitesse est comprise entre V_1 et une limite supérieure V_2, l'écoulement change complètement d'aspect. Le plan d'eau oscille périodiquement. La période d'oscillation et celle des tourbillons alternés sont égales. Leur valeur commune ne décroît que très peu lorsque l'on augmente la vitesse. Les tourbillons battent maintenant *en phase*, seule forme stable du phénomène. L'amplitude des oscillations du plan d'eau croît avec la vitesse, passe par un maximum, puis diminue lorsque la vitesse tend vers V_2.

Enfin, lorsque la vitesse atteint et dépasse V_2, l'oscillation cesse. Les tourbillons alternés reprennent leur périodicité normale avec une période nettement inférieure à celle qu'ils avaient précédemment. Leur mouvement est à nouveau en opposition.

On retrouve donc ici un phénomène de *résonance*, analogue, dans sa manifestation, à celui étudié par M. P. Dupin [4] sur les tiges vibrantes et par nous-même [5] sur les fils tendus. Lorsque la période des tourbillons alternés est voisine de la période propre d'oscillation de la masse liquide

(2) *Notice sur les Travaux scientifiques*, Toulouse, p. 39, Novembre 1929.

(3) *Revue générale de l'Hydraulique*, n° 10, p. 546, Juillet-Août 1936.

(4) *Étude expérimentale sur les tourbillons alternés de Bénard*. Thèse de Doctorat, Paris, 1930, p. 49.

(5) E. Crausse, *Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air*, n° 95, p. 59.

cette masse se met à osciller et impose, pendant tout l'accrochage, sa période, ou du moins une valeur très voisine, à celle des tourbillons alternés. Le mouvement d'oscillation cesse dès que les périodes en jeu tendent à devenir trop différentes.

Dans notre expérience, seule l'eau du canal est mise en oscillation. Le mouvement oscillatoire ne se transmet en effet, ni au bassin, grâce à la présence des grillages de tranquillisation, ni au collecteur aval, par suite du remous important dû à la forte contraction d'entrée. L'oscillation de l'eau, qui intéresse aussi bien l'amont des piles que l'aval, s'effectue à la manière d'une oscillation de torsion autour d'un axe longitudinal.

Les conditions de l'expérience étaient les suivantes : canal, longueur 250^{cm}, largeur 50^{cm}. Piles : section droite horizontale rectangulaire limitée par deux demi-cercles, longueur 15^{cm}, largeur 5^{cm}. Largeur des passes $11^{cm},7$.

Pour un tirant d'eau de 15^{cm}, à la température $26°,2 \pm 0°,2$ C., les vitesses limites d'accrochage sont, approximativement : $V_1 = 15$ cm/sec. et $V_2 = 21$ cm/sec. L'amplitude maximum du plan d'eau, mesurée aux parois latérales à 10^{cm} à l'aval des demi-piles, est environ égale aux 10 % du tirant d'eau.

La période des tourbillons alternés est mesurée en surface. L'observation dans la masse, à l'aide de fils souples fixés aux génératrices aval des piles, montre que la période dans la masse est, aux erreurs d'expérience près, identique à celle de la surface sur une profondeur, comptée à partir du plan d'eau, au moins égale aux 80 % du tirant d'eau.

THÉORIE DES VIBRATIONS. — *Une nouvelle définition des partiels.* Note de M. **F.-H. van den Dungen**, présentée par M. Émile Borel.

1. On sait que le carré de la pulsation du plus petit partiel est égal au minimum du rapport de deux fonctionnelles $D[y]:H[y]$ où, par exemple, $D[y]$ est l'énergie interne due aux déformations y et $H[y]$ l'énergie cinétique où les déformations remplacent les vitesses. Le minimum est atteint lorsque les déformations ont les valeurs qui correspondent au mouvement propre ou partiel. On en a déduit des méthodes de calcul approché du plus petit partiel soit par excès (formule de Rayleigh), soit par défaut (formule de Dunkerley).

2. On sait aussi que le deuxième partiel correspond au minimum du

même rapport de fonctionnelles pour toutes fonctions y orthogonales à la déformation φ_1 due au premier partiel. Il n'est pas possible d'utiliser cette propriété pour le calcul effectif du deuxième partiel si la déformation φ_1 n'est pas connue exactement, puisque le minimum cherché est le plus grand de tous ceux que l'on peut obtenir pour des valeurs approchées de φ_1 (théorème du maximum minimorum de R. Courant).

3. A ce mode de définition des partiels au moyen du seul rapport D:H et des conditions d'orthogonalité, nous proposons de substituer le suivant :

$$\omega_1^2 = \min D[y] : H[y]; \tag{1}$$

$$\omega_1^2 \omega_2^2 = \min \frac{D[y_1]D[y_2] - D^2[y_1, y_2]}{H[y_1]H[y_2] - H^2[y_1, y_2]}, \tag{2}$$

où $D[y_1, y_2]$ est la forme bilinéaire associée à la fonctionnelle quadratique $D[y]$; dans cette formule y_1 et y_2 sont deux fonctions quelconques non identiques. Le produit des carrés des trois premiers partiels est le minimum du rapport de deux déterminants de neuf éléments calculés à partir de trois fonctions quelconques y_1, y_2 et y_3; et ainsi de suite.

Il est aisé de démontrer l'identité des partiels ainsi calculés avec ceux définis par l'équation différentielle régissant les vibrations.

On peut remplacer le produit des carrés des deux premiers partiels par la somme

$$\omega_1^2 + \omega_2^2 = \min \frac{D[y_1]H[y_2] + D[y_2]H[y_1] - 2D[y_1, y_2]H[y_1, y_2]}{H[y_1]H[y_2] - H^2[y_1, y_2]}. \tag{3}$$

Ces deux formules pourraient faire croire qu'il y aurait intérêt à résoudre l'équation quadratique

$$A + Bz + Cz^2 = 0, \tag{4}$$

dont les deux racines ont pour limite ω_1^2 et ω_2^2 (méthode de Traenkle); malheureusement, le sens de l'approximation des deux racines ne peut pas être établi *a priori*, comme pour les deux formules (2) et (3).

4. Si les masses qui interviennent dans H sont décomposées en deux termes et si au premier correspondent les partiels ω'_1, ω'_2 et au second, les partiels ω''_1, ω''_2, on a

$$\frac{1}{\omega_1^2 \omega_2^2} \leq \frac{1}{\omega_1'^2 \omega_1''^2} + \frac{1}{\omega_1'^2 \omega_2''^2} + \frac{1}{\omega_2'^2 \omega_1''^2} + \frac{1}{\omega_2'^2 \omega_2''^2}, \tag{5}$$

formule qui généralise la formule de Dunkerley.

5. L'approximation de (3) est moins bonne que celle de (2). Cependant la formule (3) est utile, si par exemple le premier partiel est nul, comme dans le cas d'un tuyau sonore ouvert à ses deux extrémités ou d'une ligne d'arbre en torsion libre aux deux bouts.

ÉLECTRONIQUE. — *Diffraction électronique sous de faibles voltages.* Note ([1]) de M. **Jean-Jacques Trillat**, transmise par M. Louis de Broglie.

Les phénomènes de diffraction électronique sont relativement faciles à obtenir et à enregistrer, lorsque des électrons monocinétiques sont accélérés par des différences de potentiel constantes, comprises entre 10 et 60kV environ. Au contraire, pour des tensions plus basses, l'expérimentation se heurte à des difficultés d'autant plus considérables que le voltage accélérateur est plus petit. Ces difficultés sont :

1° l'obtention de préparations extrêmement minces, si l'on veut opérer par transmission;

2° la nécessité d'avoir un vide très poussé pour éviter l'élargissement du faisceau électronique par chocs contre les molécules gazeuses;

3° le manque de sensibilité des diverses émulsions photographiques vis-à-vis des électrons lents.

Récemment J. A. Darbyshire ([2]) a signalé qu'il avait pu obtenir, avec un appareil de démonstration *scellé*, des diagrammes visibles à 4000 volts et juste perceptibles à 2000 volts.

Indépendamment de cet auteur, j'ai réussi à obtenir des résultats satisfaisants en apportant un certain nombre de modifications aux appareils *démontables* que j'ai antérieurement décrits, et qui permettent la mise en œuvre de toutes les méthodes d'investigation électronique.

En opérant avec un débit d'une dizaine de milliampères, j'ai pu observer, aussi bien par réflexion que par transmission, des diagrammes électroniques très intenses et très visibles jusqu'à 3000 volts, et pouvant s'apercevoir dans l'obscurité pour des tensions plus basses. La principale difficulté consiste à enregistrer photographiquement les diagrammes; non seulement en effet les émulsions sont très peu sensibles aux électrons (d'où un temps de pose considérable), mais encore elles sont presque entièrement

---

([1]) Séance du 10 juillet 1939.

([2]) *Nature*, **142**, 1938, p. 214.

voilées par les rayons X de grande longueur d'onde qui se produisent par l'impact des électrons sur la préparation examinée.

L'emploi de plaques orthochromatiques rapides est possible jusqu'à 6000 volts environ; en dessous, et jusqu'à 4000 volts, j'ai pu encore obtenir des enregistrements en sensibilisant les plaques par trempé dans des solutions de salicylate de soude ([3]), ou en les recouvrant d'une mince pellicule d'huile de graissage, suivant une technique semblable à celle utilisée par Jeantet et Duclaux ([4]) et Dauvillier ([5]) pour les rayons ultraviolets ou les rayons X mous. L'enlèvement de la gélatine par une solution de SO^4H^2 n'a donné aucun résultat intéressant.

Dans ces conditions, le procédé le plus simple m'a paru consister à photographier directement l'écran fluorescent, au moyen d'un appareil photographique disposé à l'extérieur de l'analyseur électronique. J'ai pu ainsi, avec des temps de pose réduits (30 sec. à quelques minutes) enregistrer des diagrammes électroniques pour des tensions allant jusqu'à 3500 volts.

Les figures 1, 2 et 3 reproduisent des enregistrements, pris avec un film

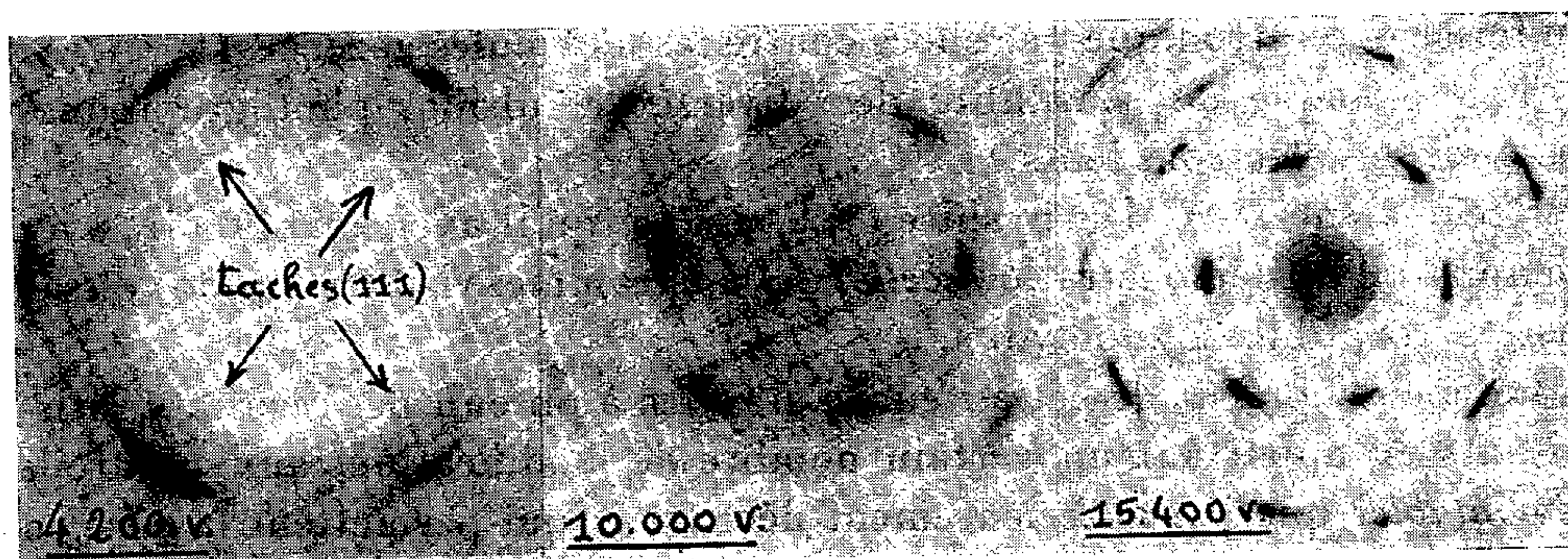


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

de Pt très mince présentant une orientation [110]. Les taches (111), (200), (220) y sont très nettement visibles, même aux plus basses tensions, ce qui prouve l'intensité du phénomène observé sur l'écran.

Connaissant le rapport de réduction photographique, il est aisé soit de calculer la maille (λ ou V étant connus), soit de calculer la longueur d'onde

([3]) J. et J.-F. Thovert, *Sc. Ind. Phot.*, 4, 1933, p. 42.
([4]) *J. Phys.*, 2, 1921, p. 154.
([5]) *J. Phys.*, 1, 1927, p. 1-12; *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1083.

associée ou la tension accélératrice (la maille étant connue), soit enfin de vérifier la loi de L. de Broglie dans ce domaine.

Les résultats obtenus permettent d'espérer que l'emploi d'électrons peu rapides deviendra une méthode de choix pour l'étude des phénomènes *purement superficiels* (adsorption, catalyse, corrosion, oxydation, polissage etc.).

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur les oscillations électromagnétiques naturelles d'une cavité.* Note de M. **Marc Jouguet**, présentée par M. Jean Chazy.

Nous indiquons, dans la présente Note, une méthode qui permet de déterminer les régimes d'oscillations électromagnétiques naturelles d'une cavité pratiquée dans un corps parfaitement conducteur et limitée par une surface de révolution de forme quelconque.

Soit un système de coordonnées curvilignes orthogonales x_1, x_2 et φ telles que si x, y, z sont les coordonnées cartésiennes d'un point quelconque de la cavité, l'on ait

$$x = f(x_1, x_2)\cos\varphi; \qquad y = f(x_1, x_2)\sin\varphi; \qquad z = g(x_1, x_2),$$

avec la condition d'orthogonalité

$$\frac{\partial f}{\partial x_1}\frac{\partial f}{\partial x_2} + \frac{\partial g}{\partial x_1}\frac{\partial g}{\partial x_2} = 0,$$

et telles que la surface limite de la cavité ait pour équation $x_1 = a$.

On a

$$ds^2 = e_1^2\,dx_1^2 + e_2^2\,dx_2^2 + e_3^2\,d\varphi^2,$$

$$e_1^2 = \left(\frac{\partial f}{\partial x_1}\right)^2 + \left(\frac{\partial g}{\partial x_1}\right)^2, \qquad e_2^2 = \left(\frac{\partial f}{\partial x_2}\right)^2 + \left(\frac{\partial g}{\partial x^2}\right)^2, \qquad e_3 = f.$$

Les équations de Maxwell étant écrites dans le système de coordonnées $x_1 x_2$ et φ (u. e. m.), nous cherchons les solutions de la forme

$$\begin{array}{ll} E_1 \sin\omega t \sin m\varphi, & H_1 \cos\omega t \cos m\varphi, \\ E_2 \sin\omega t \sin m\varphi, & H_2 \cos\omega t \cos m\varphi, \\ E_\varphi \sin\omega t \cos m\varphi, & H_\varphi \cos\omega t \sin m\varphi, \end{array}$$

les E et les H étant des fonctions de x_1 et x_2 seules, m un entier quelconque.

Pour les déterminer on calcule les composantes du potentiel vecteur et le potentiel scalaire (potentiels retardés)

$$A_1 \sin \omega t \cos m\varphi, \quad A_2 \cos \omega t \sin m\varphi, \quad A_\varphi \cos \omega t \cos m\varphi \quad \text{et} \quad V \sin \omega t \sin m\varphi;$$

$A_1\, A_2\, A_\varphi$ et V sont des fonctions de x_1 et x_2.

Pour cela, on introduit trois fonctions inconnues auxiliaires P, Q, R en fonction desquelles $A_1\, A_2\, A_\varphi$ et V se calculent par les formules

$$(1) \quad \left\{ \begin{aligned} A_1 &= \frac{1}{e_1}\frac{\partial f}{\partial x_1}(P-Q) + \frac{1}{e_1}\frac{\partial g}{\partial x_1}R, \\ A_2 &= \frac{1}{e_2}\frac{\partial f}{\partial x_2}(P-Q) + \frac{1}{e_2}\frac{\partial g}{\partial x_2}R, \\ A_\varphi &= P + Q, \\ V &= -\frac{c^2}{\omega}\cdot\frac{1}{e_1 e_2 e_3}\left[\frac{\partial}{\partial x_1}(A_1 e_2 e_3) + \frac{\partial}{dx_2}(A_2 e_3 e_1) - m A_\varphi e_1 e_2\right]. \end{aligned} \right.$$

Les fonctions P, Q, R sont données par trois équations séparées de la forme

$$\frac{1}{e_1 e_2 e_3}\left[\frac{\partial}{\partial x_1}\left(\frac{e_2 e_3}{e_1}\frac{\partial U}{\partial x_1}\right) + \frac{\partial}{\partial x_2}\left(\frac{e_3 e_1}{e_2}\frac{\partial U}{\partial x_1}\right)\right] + \left(K^2 - \frac{\alpha^2}{e_3^2}\right)U = 0,$$

dans laquelle α est égal à $m-1$, à $m+1$ ou à m suivant que U représente P, Q ou R, et $K = \omega/c$. V vérifie d'ailleurs une équation du même type avec $\alpha = m$.

Les composantes des champs se déduisent ensuite aisément des expressions (1).

Les fonctions P, Q, R, qui donnent pour les champs des expressions continues sur l'axe, forment un ensemble discret. L'expression des conditions aux limites ($E_2 = E_\varphi = 0$ pour $x_1 = a$) ne laisse subsister qu'une constante arbitraire de proportionnalité et détermine en même temps les valeurs de ω.

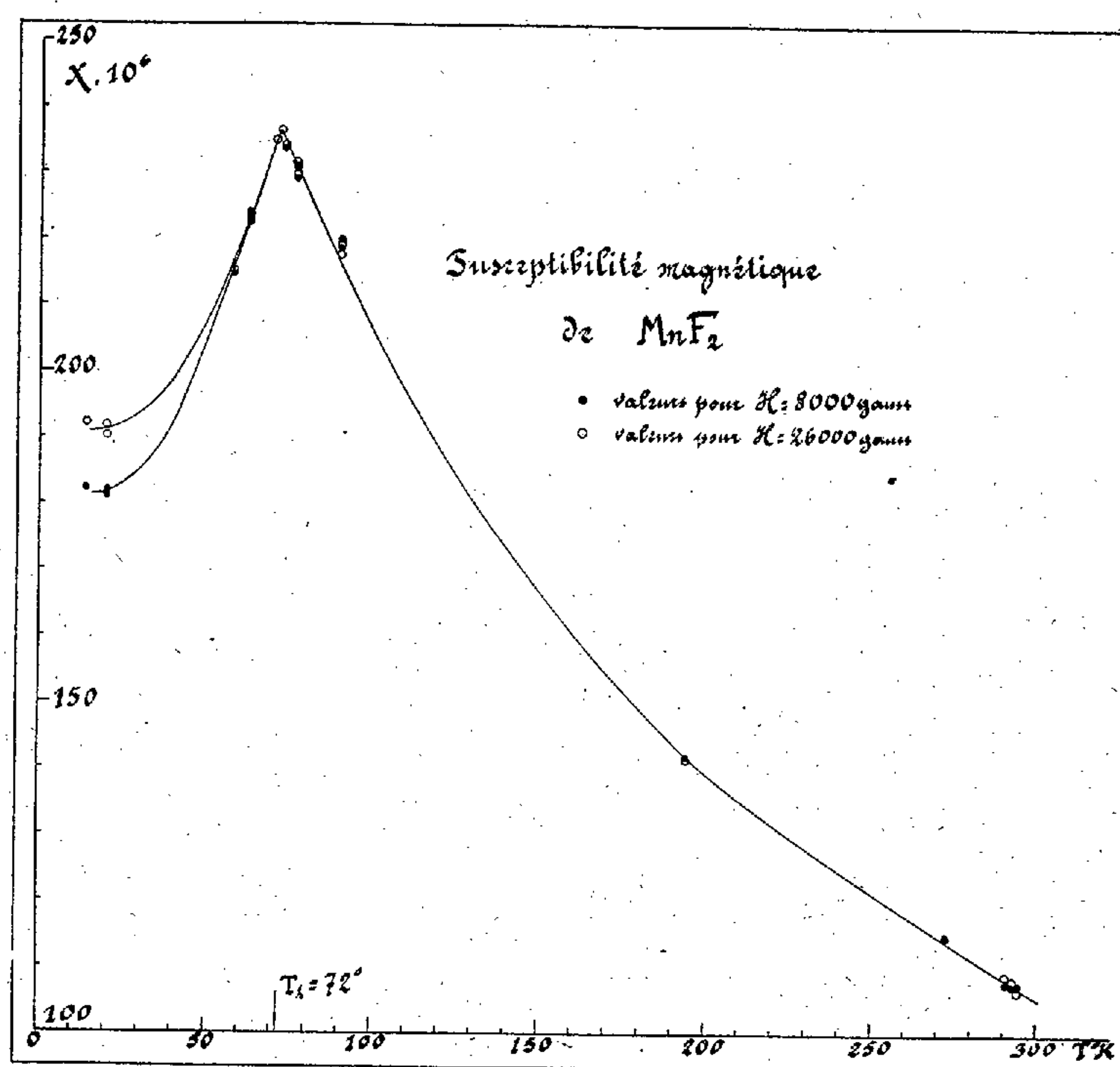
Cette méthode permet de retrouver sans difficulté les résultats donnés récemment pour la sphère par M. Borgnis [1] et, en partie, par moi-même [2]. En outre, elle s'applique à une cavité limitée par une surface de révolution de forme quelconque; en particulier, dans le cas des deux ellipsoïdes, les solutions s'expriment au moyen des produits de Lamé.

---

(1) *Ann. der Physik*, 1939, p. 376.
(2) *Comptes rendus*, **209**, 1939, p. 25.

MAGNÉTISME. — *Susceptibilité magnétique à basse température du fluorure manganeux* MnF^2. Note [1] de MM. **Henri Bizette** et **Belling Tsaï**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'étude, en fonction de la température, de la susceptibilité du fluorure manganeux cristallisé montre que ce composé possède un point de transition à la température de —201°C. Entre cette température et la température ambiante la susceptibilité est bien représentée par la formule $\chi_M = C_M/(T-\theta)$ avec $C_M = 4{,}08$ et $\theta = -113°{,}2$ K. [2], le nombre de



magnétons de Bohr correspondant étant égal à 5,73, alors que le nombre théorique est égal à 5,92. Pour les températures inférieures à —200°C. la susceptibilité diminue avec la température et croît très légèrement avec le champ, comme le montre la figure ci-contre. Ces résultats sont à rappro-

(1) Séance du 17 juillet 1939.

(2) Une valeur de θ égale à —85° K. a été donnée par Foëx dans son Rapport à la réunion d'étude sur le magnétisme, Strasbourg, mai 1939.

cher de ceux obtenus précédemment ([3]) pour le protoxyde MnO. Il y a lieu de penser qu'à cette température de —201°C. on observera également une modification du réseau cristallin et une anomalie de la chaleur spécifique.

L'échantillon cristallisé sous forme de belles aiguilles rosées a été obtenu par refroidissement d'un mélange fondu de fluorure amorphe et de chlorure de manganèse, le fluorure amorphe ayant été préalablement préparé par chauffage du fluorure double de manganèse et d'ammonium F^2Mn, FNH^4.

OPTIQUE. — *Mesures de biréfringences dans l'ultraviolet lointain.* Note de M. **Roger Servant**, transmise par M. Aimé Cotton.

On a très peu de données sur la double réfraction des cristaux dans l'ultraviolet. Le plus souvent on connaît seulement *certaines* de leurs biréfringences principales. M. P. Sève ([1]) a déterminé avec précision la biréfringence $n_m - n_p$ de la barytine et celle $n_g - n_p$ du gypse, jusqu'à 2400 Å environ. Il m'a paru utile de prolonger ses mesures vers les courtes longueurs d'onde de façon que l'on puisse disposer d'un ensemble complet de résultats.

Dans une première série d'expériences ([2]) j'ai fait des mesures jusqu'à 1900 Å environ. Depuis, il m'a été possible d'aller au delà, en utilisant le *spectropolarimètre dans le vide* ([3]) que j'ai construit pour les études dans la région de Schumann. Malheureusement, on est arrêté dans les mesures dès 1700 Å par l'absorption très forte des lames cristallines. Cependant cette nouvelle avance de 200 Å est importante, puisque les variations de biréfringence constatées sont aussi grandes que dans tout le spectre visible et ultraviolet réunis. La technique des mesures a été déjà décrite; voici quelques résultats extraits d'un travail plus étendu qui paraîtra dans un autre Recueil :

([3]) H. Bizette, C. Squire et B. Tsaï, *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 449.

([1]) *Annales de Physique*, **17**, 1932, p. 137.

([2]) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1771.

([3]) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 311.

Barytine. — Biréfringence principale $n_m - n_p$.

I = longueurs d'onde *dans le vide* en Å; II = $(n_m - n_p).10^4$.

I......	2749,2	2564,8	2430,9	2327,5	2243,6	2175,2	2119,7
II.....	19,82	21,85	23,89	25,93	27,93	29,93	31,95
I......	2069,5	2029,0	1991,5	1958,6	1930,9	1904,3	1879,6
II.....	33,91	35,90	37,85	39,79	41,76	43,68	45,58
I......	1859,3	1840,2	1822,2	1806,0	1791,1	1777,7	1764,7
II.....	47,52	49,44	51,35	53,26	55,17	57,08	58,98
I......	1751,8	1740,4	1731,4	1720,2	1710,7	1701,6	1693,9
II.....	60,84	62,73	64,67	66,51	68,38	70,25	72,15

($t = 17°$.)

Gypse. — Biréfringence principale $n_g - n_p$.

I = longueurs d'onde *dans le vide* en Å; II = $(n_g - n_p).10^3$.

I......	2355,5	2143,3	2022,7	1939,5	1879,0
II.....	11,18	12,43	13,87	15,34	16,85
I......	1836,3	1800,4	1771,4	1749,0	1726,6
II.....	18,40	19,94	21,49	23,06	24,59

($t = 17°$.)

Ces résultats montrent l'augmentation rapide de la biréfringence au voisinage des bandes d'absorption. Le cas de la barytine est particulièrement remarquable : alors que généralement la double réfraction varie peu avec la longueur d'onde (8 % pour le quartz dans toute l'étendue du spectre visible), la biréfringence principale $n_m - n_p$ de la barytine atteint dans l'ultraviolet de Schumann plus de six fois sa valeur dans le spectre visible.

CHIMIE PHYSIQUE. — *L'équilibre entre le paranitrure de phosphore* $(PN)^n$ *et les molécules biatomiques* PN, *déduit du spectre de bandes.* Note de MM. **Henri Moureu**, **Boris Rosen** et **Georges Wetroff**, présentée par M. Paul Langevin.

En 1933, Curry, L. Herzberg et G. Herzberg [1] ont observé dans le spectre ultraviolet émis par de l'azote contenant de la vapeur de phosphore, l'existence de bandes caractéristiques qu'ils ont attribuées à la molécule biatomique PN. Le phénomène fut confirmé peu après [2]. Par ailleurs,

---

[1] *Z. Phys.*, **86**, 1933, p. 348.

[2] Ghosh et Datta, *Z. Phys.*, **87**, 1933, p. 500.

les études que nous poursuivons depuis plusieurs années sur les nitrures de phosphore nous ont conduits à isoler un nitrure $(PN)^n$, le paranitrure de phosphore, composé solide, sublimable dans le vide vers 500°, et à démontrer par voie chimique que le groupement phosphonitrile PN, motif d'assemblage du composé hautement polymérisé précédent, possède les propriétés d'un véritable radical ([3]). Par des considérations théoriques nous avons pu prévoir, en outre, le domaine thermique d'existence des molécules PN en équilibre avec les molécules polyatomiques d'azote et de phosphore, et en justifier le bien-fondé en réalisant par leur intermédiaire la synthèse du polymère $(PN)^n$ ([4]).

Cependant toutes les interprétations de nos résultats expérimentaux ainsi que les raisonnements thermodynamiques qui les concernent reposaient sur une hypothèse assez hardie, à savoir que le paranitrure $(PN)^n$ devrait être en équilibre thermique avec les molécules biatomiques PN, et non pas avec une vapeur même faiblement polymérisée, comme c'est cependant le cas pour un composé très analogue, le paracyanogène $(CN)^n$, dont la dépolymérisation, toujours incomplète, conduit au dicyanogène $(CN)^2$.

Bien que l'hypothèse précédente rende compte d'un certain nombre de faits observés, une vérification expérimentale était indispensable pour nous éclairer définitivement sur la composition de la phase gazeuse qui intervient, par exemple, dans le mécanisme de la sublimation sous pression réduite du paranitrure $(PN)^n$. Dans ce cas particulier, malgré les arguments d'ordre chimique rappelés plus haut, l'hypothèse précédente peut, en effet, ne répondre nullement à la réalité, car rien n'empêche *a priori* l'intervention de molécules gazeuses $(PN)^x$ où $x = 2, 3, 4, \ldots$

Cette preuve directe nous a été fournie par l'étude du spectre d'absorption de la vapeur qu'émet le paranitrure $(PN)^n$ sous l'action d'une élévation de température.

L'appareil utilisé consistait en une ampoule cylindrique en quartz munie de deux fenêtres planes et parallèles distantes de 5^{cm}. Un tube latéral, contenant une faible quantité de paranitrure de phosphore pur et chauffé par un petit four électrique, était relié à l'ampoule centrale, ce qui permettait de produire au-dessus du composé étudié une tension de vapeur indépen-

---

([3]) H. Moureu et G. Wétroff, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 51.
([4]) H. Moureu et G. Wétroff, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 915.

dante de la température de l'ampoule elle-même. Une lampe à hydrogène du type Lambrey-Chalonge servait de fond continu.

L'ampoule centrale était portée à une température uniforme de 800° afin d'éviter la condensation du paranitrure subissant le phénomène de sublimation. Dans ces conditions on n'observe entre 2000-8000 Å aucune absorption tant que le tube latéral n'est pas porté à 450°. A partir de 450° on voit paraître faiblement la bande d'absorption (0,0), située à 2518 Å, du système ${}^1\Pi - {}^1\Sigma$ du radical PN. L'élévation de la température autour du paranitrure $(PN)^n$ provoque une augmentation de l'intensité de cette bande, ainsi que l'apparition nette des bandes 2605 Å (0,1), 2451 Å (1,0), 2466 Å (2,1), et de quelques autres bandes plus faibles. Lorsque finalement le paranitrure $(PN)^n$ est chauffé vers 750°, une absorption continue se développe dans l'ultraviolet lointain et recouvre tout l'ultraviolet jusqu'à 2900 Å. Cette absorption continue, qui ne disparaît pas lorsqu'on diminue la pression en abaissant la température du tube latéral, est vraisemblablement due à la vapeur de phosphore. En effet, lorsque l'ensemble de l'appareil est chauffé pendant quelques heures à 800°, on constate la disparition complète du paranitrure de phosphore, entièrement décomposé à cette température en ses éléments, ce qui est en parfait accord avec toutes nos observations antérieures.

Les expériences précédentes comportent deux conclusions :

1° Du point de vue chimique, elles justifient l'hypothèse que nous avions faite sur l'existence d'un équilibre $(PN)^n \rightleftharpoons n PN$ entre le paranitrure de phosphore solide et le radical phosphonitrile gazeux;

2° Du point de vue physique, elles confirment définitivement que l'état ${}^1\Sigma$ auquel correspond $\omega_e = 1337\ \mathrm{cm}^{-1}$ est l'état normal de la molécule PN ; ce résultat a été récemment mis en doute en se basant sur le fait que la valeur précédente ne se conforme pas aux règles empiriques reliant les valeurs de ω_e pour les molécules PN, P^2 et N^2 (5).

(5) H. G. Howell, *Nature*, 138, 1936, p. 36; C. H. Douglas Clark, *Trans. Faraday Soc.*, 33, 1937, p. 1390.

SPECTROCHIMIE. — *Nouvelles remarques sur les émissions infrarouges de luminescence des éléments rares. Application à l'analyse.* Note [1] de M. **Marcel Servigne**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons décrit [2] le dispositif et reproduit les premiers spectrogrammes relatifs à une étude de la photoluminescence infrarouge du samarium, de l'europium et du dysprosium, lorsque ces éléments se trouvent dilués dans le tungstate de calcium. Il a été de plus noté à l'égard du néodyme, en particulier, l'absence de bandes spécifiques d'émission dans le spectre proche infrarouge, aisément exploré jusqu'à λ 8600 Å. Enfin nous avons donné les bandes spectrales plus lointaines fixées avec le samarium, grâce à l'emploi de plaques photographiques sensibles jusqu'à λ 12000 Å (Agfa Infrarot 1050).

Il est intéressant de poursuivre les précédents essais en utilisant ce dernier récepteur pour l'étude des éléments voisins du samarium.

On trouve, dans les nouvelles conditions, pour *le praséodyme* et le *néodyme*, les bandes principales reproduites sur la figure (spectres I et II).

En tenant compte des faits déjà connus sur le même sujet, on remarque d'abord que, parmi tous les diluants essayés par différents auteurs [3], le tungstate de calcium permet ici de noter avec le praséodyme et le néodyme, comme précédemment avec le samarium, les bandes principales de luminescence infrarouge les plus lointaines.

Du point de vue chimique, le résultat relatif au néodyme apporte une contribution directe à la micro-recherche de cet élément, par la méthode de luminescence déjà décrite [4]. A cet égard, il apparaît, en effet, que les seuls caractères nettement spécifiques du phosphorogène sont les étroites et intenses bandes notées sur le spectre II. La proportion limite de l'oxyde de néodyme ainsi accessible dans le diluant approprié est de l'ordre de 5/1000 000e.

On voit que la sensibilité du test est comparable à celle qui caractérise la micro-recherche de la plupart des autres terres rares, par luminescence

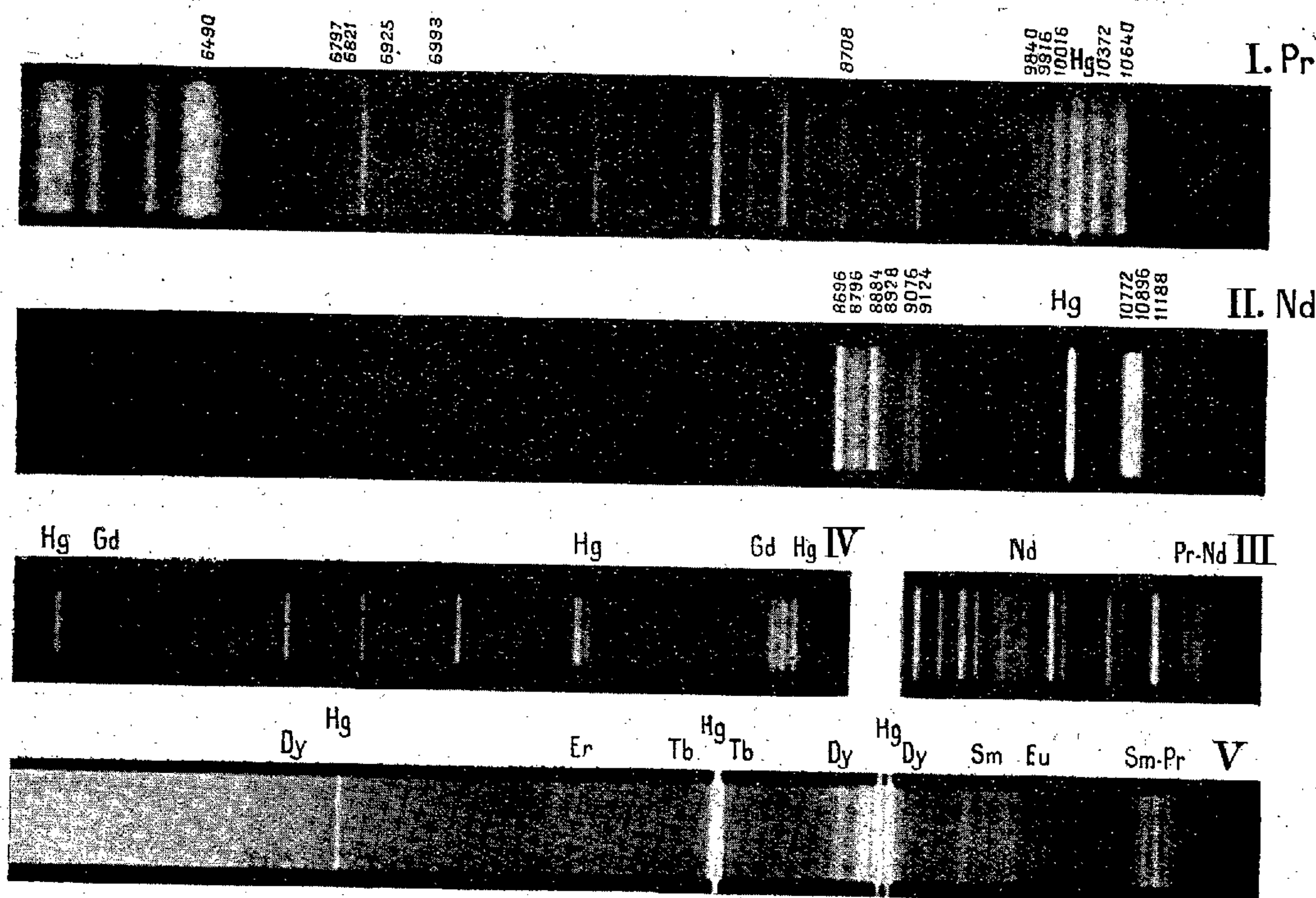
(1) Séance du 10 juillet 1939.

(2) M. Servigne, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 905.

(3) R. Tomaschek et O. Deutschbein, *Zeits. f. Physik*, 82, 1933, p. 309; H. Gobrecht, *Ann. d. Physik*, 28, 1937, p. 673.

(4) M. Servigne, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 863.

visible, dans le même diluant. Cette sensibilité est bien supérieure à celle de l'émission d'arc du néodyme; elle dépasse également la sensibilité d'analyse que l'on peut atteindre en mettant à profit l'absorption des



radiations infrarouges par les ions de l'élément en solution liquide. Enfin le résultat est ici plus directement obtenu que dans l'étude plus compliquée des émissions X.

Le cas d'application pratique est souvent celui de la recherche de néodyme dans les mélanges de terres rares. A cet égard, on reconnaît que la présence de traces d'oxydes de praséodyme, de samarium et d'europium n'atténue pas sensiblement l'intensité de l'émission propre à l'oxyde de néodyme. La finesse du procédé est encore du même ordre après addition au même diluant d'une quantité d'oxyde de samarium cent fois plus forte que celle de l'oxyde de néodyme. On trouve ainsi des avantages d'application comparables à ceux que présente la *micro-recherche particulière du néodyme* dans un sulfate de lanthane ou de samarium, au moyen de l'absorption des radiations infrarouges par ces composés cristallisés ([5]).

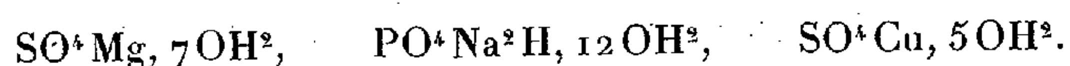
([5]) H. Gobrecht et R. Tomaschek, *Ann. d. Physik*, 29, 1937, p. 324.

En conclusion des précédentes remarques, un exemple d'application directe à l'analyse d'un produit brut peut être montré sur une Scheelite (tungstate de calcium naturel, gisement de Salzbourg). Les spectres de photoluminescence de ce minéral sont reproduits ci-dessous. On lit sur les régions visible (V) et proche ultraviolette (IV) la présence de *praséodyme*, *samarium*, *europium*, *terbium*, *dysprosium*, *erbium* et *gadolinium*. Cependant, l'abondance et le jeu superposé de ces phosphorogènes ne nuisent pas à la détection de faibles quantités de *néodyme* dans le même échantillon naturel de tungstate de calcium (spectre infrarouge III).

EFFET RAMAN. — *Spectres Raman des poudres cristallines. Hydrates.* Note (¹) de MM. **Étienne Canals** et **Henri Collet**, transmise par M. Charles Fabry.

Nous avons poursuivi nos recherches sur les spectres Raman des cristaux hydratés en ce qui concerne la région 3200 à 3800 cm^{-1}. Nous donnons ci-contre les résultats obtenus avec quelques sels pouvant présenter des degrés divers d'hydratation, et un dessin des spectres.

Les sels partiellement hydratés sur lesquels nous avons opéré ont été obtenus en partant des sels chimiquement purs



$SO^4Mg, 7OH^2$, $PO^4Na^2H, 12OH^2$, $SO^4Cu, 5OH^2$.

Nous avons utilisé la technique décrite précédemment par l'un de nous (²) en y apportant toutefois quelques modifications. Certains cristaux hydratés n'étant stables qu'à des températures déterminées, nous avons placé le corps à étudier dans une petite étuve munie de deux fenêtres en verre dont les faces planes sont perpendiculaires. La température de cette étuve était maintenue constante par chauffage électrique. En outre, certains sels partiellement déshydratés perdent leur transparence, et de ce fait il nous a fallu faire des poses beaucoup plus longues que précédemment. D'ailleurs les résultats donnés représentent la moyenne des mesures faites sur plusieurs clichés, obtenus pour le même sel, avec des temps de pose différents. Les bandes Raman étaient parfois de très faible intensité, elles étaient toujours assez larges et assez mal délimitées.

(¹) Séance du 17 juillet 1939.

(²) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 224.

Sulfate de magnésium, 7 aq., forte bande de 3184 à 3548 avec maxima à 3230, 3322, 3404, 3481.

» 6 aq., forte bande de 3192 à 3910 avec maxima à 3233, 3439, 3618, 3850.

» 1 aq., forte bande de 3094 à 3900 avec maxima à 3094 (?), 3164 (?), 3279, 3462 à 3551, 3685.

Phosphate disodique, 12 aq., forte bande de 3188 à 3561 avec maxima à 3188, 3403, 3530.

» 7 aq., forte bande de 3238 à 3484 avec maxima à 3238, 3316, 3455, 3574.

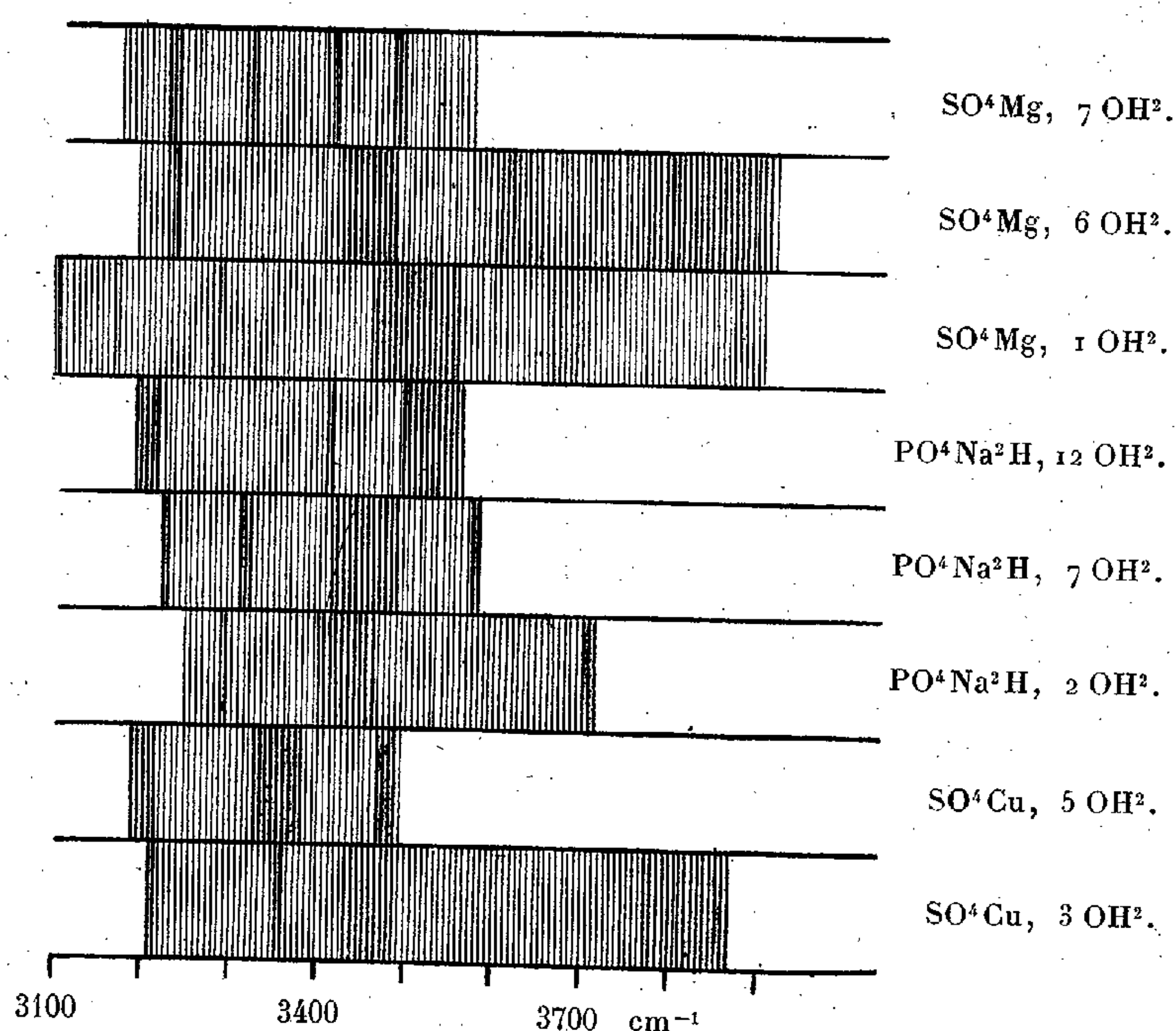
» 2 aq., forte bande de 3248 à 3725 avec maxima à 3270, 3430, 3725.

Sulfate de cuivre, 5 aq., forte bande de 3187 à 3484 avec maxima à 3187, 3351, 3484.

» 3 aq., forte bande de 3205 à 3782 avec maxima à 3205, 3360, 3473, 3787.

Les résultats sont donnés en nombres d'ondes par centimètre.

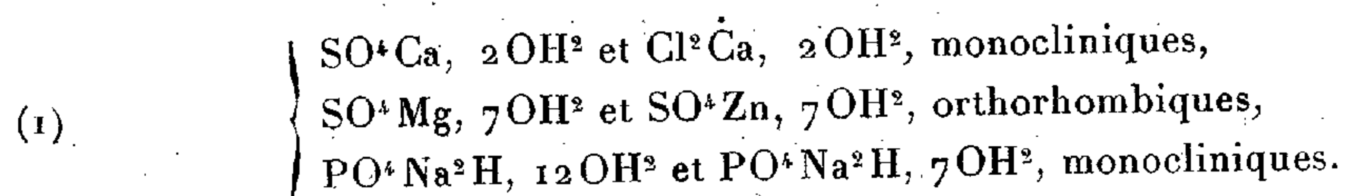
Récemment l'un de nous [2] avait montré que les différents cristaux



hydratés, qu'ils soient ou non pourvus du même nombre de molécules d'eau de cristallisation, donnent des spectres Raman différents. Une remarque

analogue peut être également faite lorsqu'on étudie le même sel à des degrés différents d'hydratation.

Il en est de même pour les spectres des sels d'un même système cristallin, qu'ils soient de nature différente et à même nombre de molécules d'eau de cristallisation, ou encore, qu'il s'agisse d'un même sel diversement hydraté



(1) SO^4Ca, $2OH^2$ et Cl^2Ca, $2OH^2$, monocliniques,
SO^4Mg, $7OH^2$ et SO^4Zn, $7OH^2$, orthorhombiques,
PO^4Na^2H, $12OH^2$ et PO^4Na^2H, $7OH^2$, monocliniques.

Nos clichés semblent montrer toutefois que, pour un sel donné, les bandes du spectre Raman sont d'autant plus étalées que le nombre des molécules d'eau est plus petit.

Dans ces nouveaux clichés, comme dans ceux donnés précédemment, la bande de la région 3400 est celle qui apparaît la première et avec le plus de netteté. Pour le phosphate disodique en particulier, cette bande diminue de fréquence avec le nombre des molécules d'eau.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les sels dérivés de l'acide triphosphorique.* Note de M. **Pierre Bonneman.**

L'existence du dérivé sodique, contestée par Parravano et Calcagni [1], a pu être démontrée [2]. Les sels métalliques que l'on peut préparer à partir de ce dernier avaient déjà été étudiés par Schwarz [3] et par Stange [4]; ces deux auteurs ont isolé un certain nombre de composés plus ou moins bien cristallisés, mais il existe dans leurs travaux des divergences assez graves, notamment à propos des sels de cuivre et de plomb. Ces dernières sont explicables si l'on se reporte au mode de préparation utilisé : ils ont l'un et l'autre ajouté à la solution de sel sodique diverses solutions salines (sulfates, nitrates, chlorures) jusqu'à début de précipité; ils filtraient ensuite et laissaient cristalliser; il est donc possible qu'ils aient eu, dans certains cas, affaire à des mélanges et non à un unique composé défini.

---

(1) *Z. anorg. Chem.*, **65**, 1908, p. 1.
(2) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 433.
(3) *Z. anorg. Chem.*, **9**, 1895, p. 253.
(4) *Z. anorg. Chem.*, **12**, 1896, p. 445.

J'ai tout d'abord étudié les variations de conductibilité qui résultent de l'addition d'une solution métallique variable au triphosphate de sodium dissous dans l'eau. Dans plusieurs cas la courbe ainsi obtenue présente plus d'un point singulier, ce qui conduit à soupçonner la formation possible de plusieurs composés définis. Pour les isoler j'ai préparé des mélanges dans les proportions mêmes indiquées par la position de ces points singuliers; mais il importe encore de prendre dans certains cas des solutions très étendues, sinon on obtient directement le composé qui renferme la plus forte proportion de métal lourd. Enfin des diagrammes de Debye-Scherer permettent de contrôler l'efficacité du fractionnement et d'identifier les corps formés.

Sels de zinc. — Un seul dérivé était mentionné, $P^3O^{10}NaZn^2$, 9,5 H^2O; il en existe un second, répondant à la formule $P^3O^{10}Na^3Zn$, 11,5 H^2O. C'est un corps bien cristallisé, qui précipite en formant des houppes constituées par de fines aiguilles transparentes, assez solubles dans l'eau froide; il perd facilement son eau d'hydratation (en quelques heures à 80°).

Sels de calcium. — J'ai pu repréparer le composé déjà connu $3P^2O^5.5\,OCa$; mais en opérant en solution très diluée, j'ai pu également obtenir le corps $P^3O^{10}NaCa^2$, 4 H^2O; c'est un précipité très fin, difficile à filtrer, mais bien cristallisé à l'inverse du premier. Il est à noter que la courbe de conductibilité indiquerait la formation de $P^3O^{10}CaNa^3$; je n'ai pu l'isoler, du moins en utilisant des solutions dont les concentrations ne descendaient pas au-dessous de 0,5 à 1 %.

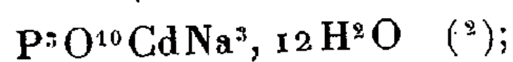
Sels de strontium. — Ceux-ci n'avaient pas encore été étudiés. J'ai pu, comme pour le calcium, préparer deux dérivés différents, $3P^2O^5.5\,OSr$ et $P^3O^{10}Sr^2Na$, 7H^2O; le second est bien cristallisé, tandis que le premier est amorphe aux rayons X. Il est encore nécessaire de n'employer que des solutions salines très étendues pour préparer le second, et la courbe de conductibilité indique la formation de $P^3O^{10}SrNa^3$ que je n'ai pu réussir à isoler.

Sels de glucinium. — Comme dans les deux cas précédents, il m'a été possible de préparer deux corps distincts, $3P^2O^5.5\,OGl$ et $P^3O^{10}Gl^2Na$, 5H^2O, ce dernier seul paraissant bien cristallisé. Il n'est pas nécessaire, pour l'obtenir, d'utiliser des solutions salines étendues.

Sels de plomb. — Les résultats que Schwarz et Stange avaient obtenus avec le plomb n'étaient pas concordants; d'après le premier il se formait un tétraphosphate $P^4O^{13}Pb^3$, tandis que d'après le deuxième il y avait décomposition partielle du triphosphate et formation d'un sel double répondant

à la formule $P^2O^7Na^4 . P^6O^{20}Pb^5$, $10H^2O$. Or, dans ce cas, la courbe des conductibilités indique d'une façon particulièrement nette la formation de deux composés définis. En me basant sur ce résultat j'ai pu, en effet, préparer deux dérivés différents, l'un, de formule $3P^2O^5.5OPb$, qui paraît amorphe aux rayons X, l'autre, $P^6O^{20}PbNa^8$, $14H^2O$, bien cristallisé. Pour obtenir ce dernier il importe encore de n'employer que des solutions très étendues pour éviter l'apparition d'un précipité riche en plomb; mais, une fois les solutions mélangées, il ne se produit de précipité que lorsque le solvant est presque totalement éliminé.

Sels de cadmium. — J'avais déjà signalé le composé



$$P^3O^{10}CdNa^3, 12H^2O \quad (^2);$$

j'ai encore pu isoler un corps plus riche en cadmium qui est $P^3O^{10}Cd^2Na$, $7H^2O$, poudre blanche, mal cristallisée.

Sels de manganèse et de cobalt. — On connaissait déjà $P^3O^{10}MnNa^3$, $12H^2O$ et $P^3O^{10}CoNa^3$, $12H^2O$. J'ai pu préparer un dérivé plus riche en manganèse : $3P^2O^5.5OMn$; par contre il m'a été impossible d'obtenir un sel de cobalt différent du précédent.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'acide sulfo-céruléomolybdique et ses sels.* Note de M. **Victor Auger** et Mlle **Nina Ivanoff**, présentée par M. Auguste Béhal.

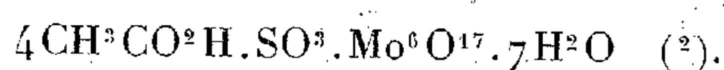
Acide sulfo-céruléomolybdique. — $SO^3Mo^9O^{27}H^3$, nH^2O, et probablement $SO^4(MoOMo^2O^8)^3H^5$, nH^2O. Les ions H proviendraient de la partie entre parenthèses correspondant à l'oxyde du bleu de molybdène sous sa forme simple $(MoO.Mo^2O^8)H$, soit $3H^+$, et du groupe SO^{4-} fournissant $2H^+$; au total $5H^+$.

On obtient une solution contenant cet acide, mélangé d'acide sulfovinique, de sulfate d'ammonium, etc., par la méthode de Péchard (¹), en chauffant au bain-marie une solution de paramolybdate d'ammonium en SO^4H^2, additionnée d'alcool. Comme ce procédé fournit un produit qu'il est très difficile de séparer de produits organiques qui l'accompagnent et que le rendement en bleu sulfoné est faible, nous avons employé deux méthodes qui, excluant l'alcool comme réducteur, donnent des solutions ne contenant que du molybdène à l'état penta et hexavalent en proportions connues, de l'acide sulfurique et de l'eau.

(¹) E. Péchard, *Comptes rendus*, **132**, 1901, p. 628.

1° Hydrolyse de la solution bleue-violette obtenue, soit en mélangeant en proportions convenables des solutions sulfuriques de Mo^{V} et de MoO^3, soit en réduisant par le gaz SO^2 une solution sulfurique de MoO^3 étendue d'une petite quantité d'eau. Dans ce dernier cas, la liqueur, débarrassée de l'excès de SO^2 par chauffage, dans un courant de CO^2, contient le molybdène à l'état réduit correspondant exactement à l'oxyde du bleu de molybdène Mo^6O^{17}.

2° Hydrolyse du tétracétate sulfo-céruléomolybdique



$$4CH^3CO^2H.SO^3.Mo^6O^{17}.7H^2O \quad (^2).$$

Nous décrirons d'abord cette dernière méthode, qui a l'avantage de prendre pour point de départ un produit stable, de composition invariable.

Le tétracétate se dissout dans l'eau bouillante en s'hydrolysant complètement, et par un courant de vapeur d'eau on peut chasser l'acide acétique formé.

A l'analyse, le rapport de $Mo^{V}:Mo^{VI}$ est exactement, comme il fallait s'y attendre, égal à 1 : 2, mais il n'en est plus de même du groupe sulfurique : le tiers du SO^3 y est passé à l'état de SO^4H^2 libéré, précipitable par Cl^2Ba.

La solution hydrolysée est agitée avec de l'alcool butylique et la phase alcoolique bleue séparée de la partie aqueuse, lavée à l'eau additionnée d'une petite quantité de ClH pour enlever tout le SO^4H^2 libre. La solution butylique bleue fournit, après distillation de l'alcool dans un courant de CO^2, un résidu qui cristallise sous forme de tablettes bleues. A l'analyse, on trouve le rapport $Mo^9:SO^3 = 0,954$; 0,99; 1,035, soit 1^{mol} de SO^3 pour 9 de Mo. Le rapport $Mo^{V}:Mo^{VI}$ qui, dans la solution est exactement 1 : 2, est beaucoup moins bon dans le produit cristallisé à cause de l'oxydation presque inévitable de l'acide pendant les manipulations; on trouve généralement 1 : 2,2 et jusqu'à 1 : 2,4. En calculant l'eau par différence on trouve le rapport $MO^9:H^2O^{12}$, mais nous n'en avons pas exécuté de dosage direct.

L'acide est extrêmement soluble dans l'eau; il s'oxyde très vite à l'air, aussi bien à l'état sec que dissous. La solution dans l'alcool butylique agitée avec de l'eau lui cède la plus grande partie du produit dont la totalité passe en phase aqueuse en présence d'une très faible proportion d'alcali ou de sel alcalin d'acide faible (CH^3CO^2Na). Par contre,

---

(2) V. AUGER, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1180.

l'acide passe entièrement dans l'alcool en solution additionnée de traces d'acide fort.

Nous avons trouvé, pour obtenir et analyser les sels d'ammonium de l'acide, les mêmes difficultés que nos devanciers; en particulier le sel d'ammonium obtenu en solution ammoniacale perd facilement, à la dessiccation, une partie de son ammoniaque.

Sel acide de NH^4. — On l'obtient en ajoutant du chlorure d'ammonium en excès à la solution aqueuse de l'acide. Petits prismes bleu noir, s'oxydant à l'air, solubles dans l'eau et dans l'alcool, à peine solubles dans une solution concentrée de $ClNH^4$. A l'analyse les rapports $Mo^V:Mo^{VI}$ et $Mo^9:SO^3$ sont exactement ceux qu'on a trouvés dans l'acide, mais le cation NH^{4+} varie entre 2,85 et 2,7 pour 9Mo.

Sel neutre de NH^4. — Ce sel précipite sous forme de belles lamelles tabulaires bleu vert clair, quand on rend ammoniacale la solution de l'acide en présence de $ClNH^4$. Le rapport $Mo^9:NH^4$ a été trouvé égal à 4,98 en opérant comme suit : les cristaux sont essorés au vide et lavés à l'alcool ammoniacal, puis à l'éther et séchés rapidement dans le vide. Ce sel perd très rapidement à l'air une partie de son ammoniac.

L'acide sulfonique AH^5 fournit donc avec NH^{4+} deux types de sels : AH^2Me^3 et AMe^5; avec K^+ nous avons obtenu des cristaux très nets des sels appartenant à ces deux types, mais il ne nous a pas été possible de les isoler à l'état pur.

Formation de l'acide sulfonique bleu par hydrolyse et complexation de solutions sulfuriques bleu violet. — Les solutions utilisées contenaient Mo^V et MoO^3 dans le rapport de 1:2 et SO^4H^2 dans le rapport approximatif de $Mo:SO^4H^2 = 1:3$ à 4. Diluée dans une grande quantité d'eau, 50 volumes environ, la solution incolore chauffée au bain-marie se recolore rapidement, mais sa nuance est bleu franc et non bleu violet. Après reprise à l'alcool butylique, le bleu obtenu, dissous dans l'eau, additionné peu à peu de $ClNH^4$ en solution concentrée, fournit tout d'abord un précipité de bleu de molybdène colloïdal, qu'on enlève par filtration. La liqueur claire est alors précipitée par un excès de $ClNH^4$ sous forme de sel tri-ammoniacal, qui a donné à l'analyse des chiffres excellents pour les rapports $Mo^V:Mo^{VI}$; 1:2 et $Mo^9:SO^3$; 1:1,03, mais moins bons pour $Mo^9:NH^4$; 2,7 à 2,9. D'ailleurs nous avons, par la méthode ordinaire, isolé l'acide libre, qui s'est montré identique à celui de la précédente préparation.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Hydrolyse chimique et biochimique du diosephosphate. Applications analytiques.* Note de MM. **Paul Fleury** et **Jean Courtois.**

Au cours de recherches antérieures l'un de nous (1) a montré qu'une molécule d'α-glycérophosphate est oxydée à froid par une molécule d'acide periodique en donnant naissance à une molécule de formol et une d'un ester phosphorique à fonction aldéhydique. Ce corps très fragile n'a pu être isolé à l'état de pureté absolue, cependant son mode de formation et l'ensemble de ses propriétés permettent d'admettre qu'il s'agit de l'ester orthophosphorique de l'aldéhyde glycolique ou diosephosphate $PO^3H^2OCH^2-CHO$; ce serait ainsi le plus simple des sucres phosphorylés. Dans des recherches que nous poursuivons actuellement nous avons pu confirmer définitivement la constitution de ce composé, d'une part en isolant le sel de calcium de sa combinaison bisulfitique, d'autre part en le transformant par oxydation en acide phosphoglycolique séparé sous forme de sel tribarytique cristallisé avec $4H^2O$ très peu soluble dans l'eau.

Le diosephosphate est hydrolysé par la phosphatase d'amande douce; le pH optimum, peu marqué, de ce dédoublement, se place vers 5,5. Cette hydrolyse diastasique est légèrement plus rapide que celle des autres monoesters de C^1 à C^4, étudiés par l'un de nous (2). Mais par contre l'hydrolyse par les acides forts est infiniment plus rapide que celle du glycérophosphate dont le diosephosphate dérive.

Si l'on chauffe 12 minutes à 100° en présence de 15^{cm^3} d'acide sulfurique à la concentration 2N, la solution obtenue en oxydant 5^{cm^3} de solution M/10 d'α-glycérophosphate par 10^{cm^3} d'acide periodique M/20, la proportion d'acide phosphorique libérée atteint 50 % de la quantité prévue théoriquement; avec un témoin constitué par 5^{cm^3} de solution M/10 d'α-glycérophosphate, 10^{cm^3} de solution N/20 d'iodate et 15^{cm^3} de solution 2N de SO^4H^2, il faut 120 heures pour obtenir le même taux d'hydrolyse, le diosephosphate est donc dédoublé 600 fois plus rapidement.

Enfin le diosephosphate, traité par la soude normale à 100 ou 37°, libère de l'acide phosphorique; cette libération débute rapidement, se ralentit

(1) P. Fleury et R. Paris, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1416.

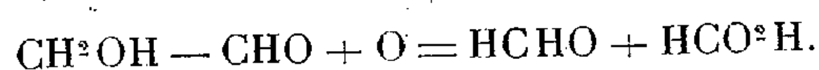
(2) J. Courtois et Mlle Manouvrier, *C. R. Soc. Biol.*, 131, 1939, p. 57.

d'une façon régulière et ne dépasse que très difficilement 50 % du phosphore total.

Ce fait différencie nettement cet ester phosphorique des triosephosphates qui s'hydrolysent complètement sous l'influence des alcalis avec la plus grande facilité.

Le dédoublement du diosephosphate en acide phosphorique et aldéhyde glycolique, par hydrolyse au moyen des acides forts ou de la phosphatase d'amande, est établi par les observations suivantes :

1° Au cours de cette hydrolyse, l'acide phosphorique est libéré progressivement, tandis que parallèlement apparaît une aldéhyde qui contrairement au diosephosphate est oxydable à froid par l'acide periodique en donnant naissance à de l'aldéhyde formique conformément au schéma



$$CH^2OH - CHO + O = HCHO + HCO^2H.$$

2° La solution hydrolysée réduit à froid la liqueur de Fehling; cette réduction à froid est une propriété caractéristique de l'aldéhyde glycolique, et le pouvoir cupro-réducteur se développe au fur et à mesure de la libération de l'acide phosphorique.

3° Si au cours de l'hydrolyse on étudie les variations du pouvoir mercuro-réducteur à froid, on remarque que, malgré cette hydrolyse, celui-ci reste constant, l'aldéhyde glycolique manifestant vis-à-vis de la solution alcaline d'iodomercurate à froid le même pouvoir réducteur que le diosephosphate qui lui donne naissance.

L'hydrolyse acide si rapide du diosephosphate nous a permis de doser par voie humide le phosphore des α et β-glycérophosphates.

Nous avons pu vérifier en effet que, par chauffage à 100° d'une solution aqueuse de β-glycérophosphate de sodium en milieu sulfurique avec de l'acide periodique, les trois réactions suivantes se succèdent :

a. β-glycérophosphate $\rightleftharpoons$ α-glycérophosphate (réaction de M. C. Bailly) (³).

b. α-glycérophosphate $\xrightarrow{\text{acide periodique}}$ diosephosphate.

c. diosephosphate $\xrightarrow{\text{(eau)}}$ acide phosphorique + aldéhyde glycolique (oxydée au fur et à mesure par l'excès d'acide periodique).

La réaction d'oxydation *b* est pratiquement instantanée (P. Fleury et R. Paris, *loc. cit.*). La destruction de l'α-glycérophosphate, conséquence de cette réaction *b*, a pour effet de rompre d'une façon continue l'équilibre

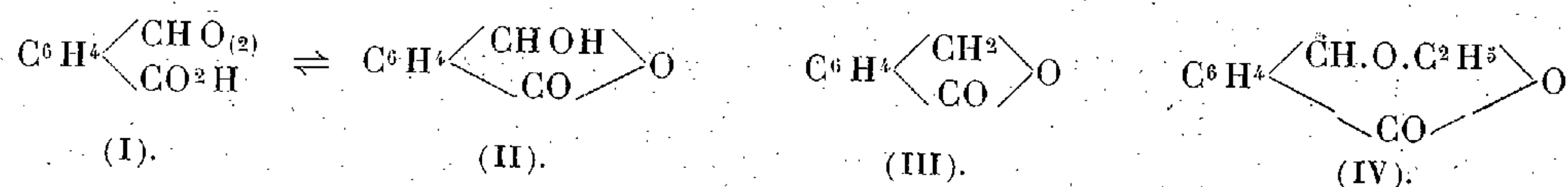
(³) Mlle M.-C. Bailly, *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1902.

de la réaction *a* en faveur de la formation de l'α-glycérophosphate; ces deux réactions (*a* et *b*) étant très rapides, c'est finalement la réaction d'hydrolyse *c* qui règle la vitesse de libération de l'acide phosphorique.

En fait, si l'on maintient 2 heures à la température du bain-marie bouillant, 1 à 3^{cm^3} d'α ou β-glycérophosphate M/10, 15^{cm^3} d'acide periodique M/20, 20^{cm^3} de SO^4H^2 2N, l'acide phosphorique est libéré pratiquement en totalité et peut être dosé par les méthodes classiques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Structure et absorption de l'acide* o-*phtalaldéhydique*. Note ([1]) de MM. **Buu-Hoï** et **Lin-che-Kin**, présentée par M. Marcel Délépine.

La constitution de l'acide *o*-phtalaldéhydique (I) a fait l'objet de nombreuses discussions, dues à ce que l'on peut envisager pour cet acide (comme pour tous les γ-oxoacides) l'existence de 2 formes tautomères ([2]) (I) et (II). En effet l'acide *o*-phtalaldéhydique donne avec les divers réactifs des combinaisons qui correspondent, les unes à la structure oxylactonique (II), les autres à la structure oxoacide (I) de la matière première.



L'acide *o*-phtalaldéhydique réagit par exemple sur l'hydroxylamine ([3]), la phénylhydrazine, la semicarbazide ([4]) sous sa forme normale, et au contraire, sur les chlorures d'acides, le chlorure de thionyle ([5]), sous sa forme oxylactone. Il existe de même 2 séries d'éthers ([6]) : les éthers normaux, et les γ-éthers ou 3-alcoxyphtalides. Et, selon que les auteurs obtenaient l'une ou l'autre des 2 séries de composés, ils admettaient pour l'acide *o*-phtalaldéhydique lui-même, l'une ou l'autre des formules (I) et (II).

Mais ce que l'on sait aujourd'hui des transpositions moléculaires provo-

---

([1]) Séance du 10 juillet 1939.

([2]) J. Bredt, *Liebig's Annalen*, 236, 1886, p. 225.

([3]) Racine, *Liebig's Annalen*, 239, 1887, p. 85.

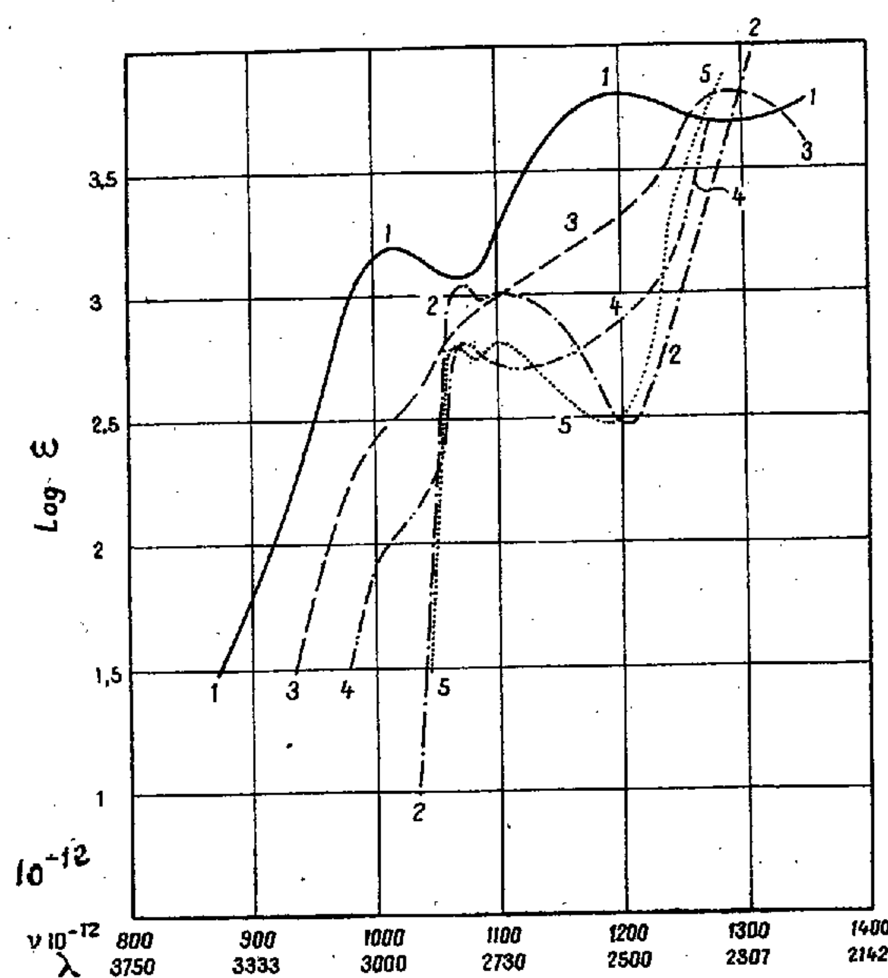
([4]) Liebermann, *Ber. d. Chem. Ges.*, 29, 1896, p. 179.

([5]) Gabriel, *Ber. d. Chem. Ges.*, 49, 1916, p. 1612.

([6]) H. Meyer, *Monatshefte f. Chemie*, 25, 1904, p. 496.

quées par les réactifs chimiques montre que ce problème de tautomérie doit être plus aisément résoluble par voie physique.

Wegscheider (7), étudiant la dissociation de l'acide *o*-phtalaldéhydique, avait déjà soupçonné la présence en solution aqueuse, d'une forme isomère. Sidgwick et Clayton (8), faisant l'analyse de la courbe de solubilité dans le benzène, ont également noté des anomalies. K. von Auwers et A. Heinze (9) n'ont pu mesurer la réfringence de l'acide, par suite de la solidification trop rapide du produit fondu. Enfin L. Seekles (10), mesurant la réfraction moléculaire de solutions alcooliques, lui attribua, d'abord, d'après des calculs effectués avec les coefficients de Roth et



Eisenlohr (11), une structure oxylactone (II). Mais un peu plus tard (12), tenant compte d'un incrément correspondant à une exaltation observée par von Auwers (13) dans la substitution de —CHO à un hydrogène aromatique, Seekles conclut à une structure oxoacide normale (I).

(7) *Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien*, **104**, II *b*, 1905, p. 765.
(8) *Journ. Chem. Soc.*, **121**, 1922, p. 2263.
(9) *Ber. d. Chem. Ges.*, **52**, 1919, p. 586.
(10) *Rec. trav. chim. Pays-Bas*, **43**, 1924, p. 329.
(11) *Refraktometrisches Hilfsbuch*, 1911, Veit, Leipzig.
(12) L. Seekles, *Rec. trav. chim. Pays-Bas*, **43**, 1924, p. 550.
(13) *Liebig's Annalen*, **408**, 1916, p. 216.

Nous avons constaté que la spectroscopie ultraviolette permet de résoudre complètement le problème de la structure de l'acide *o*-phtalaldéhydique. Mme Ramart-Lucas ([14]) a observé en effet que l'introduction d'un oxhydryle à la place d'un hydrogène sur un carbone méthanique ne provoque aucune altération importante des fréquences des bandes caractéristiques dans l'ultraviolet moyen.

En ce qui nous intéresse, cet énoncé permet de prévoir que l'absorption (forme et position des bandes) de la structure oxylactonique (II) doit être tout à fait voisine de celle de la phtalide (III). C'est effectivement ce que nous avons observé en comparant le spectre de la 3-éthoxyphtalide (IV) ou éther oxylactonique de l'acide *o*-phtalaldéhydique (courbe 5) à celui de la phtalide (courbe 2). Quant au spectre de la forme oxoacide, il doit être sensiblement le même que celui des sels alcalins de l'acide (courbe 1). S'il existe des équilibres en solution, les spectres correspondants doivent résulter de la superposition des spectres de ces deux formes en présence.

C'est en effet ce que nous avons observé sur diverses solutions de l'acide *o*-phtalaldéhydique (solution aqueuse, courbe 3; solution dans le dioxane, courbe 4).

En résumé, l'analyse spectrale de l'acide o-phtalaldéhydique *nous a permis d'établir que ce composé existe en solution sous deux formes tautomères, dont les proportions relatives varient selon la nature du solvant ou les conditions de température.*

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur la cristallisation des métaphosphates vitreux de sodium et de calcium.* Note ([1]) de MM. **René Pâris** et **André Boullé**, présentée par M. Paul Lebeau.

La préparation des métaphosphates de sodium et de calcium vitreux a été décrite antérieurement par l'un de nous ([2]). Afin de préciser les conditions de cristallisation de ces verres, nous les avons soumis à trois séries d'expériences :

1° L'analyse thermique différentielle fixant à la fois le point de ramollissement et le début de cristallisation.

([14]) *Observations inédites.*

([1]) Séance du 3 juillet 1939.

([2]) Boullé, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 658; 202, 1936, p. 1434.

2° Le tracé de la courbe de ramollissement déduite de la vitesse d'enfoncement d'une pointe d'acier dans le verre suivant la méthode préconisée par M. Mondain-Monval (3).

3° La détermination de la vitesse de cristallisation en fonction de la température d'après le procédé indiqué dans une Note antérieure (4).

Les diagrammes des figures 1 et 2, qui se rapportent aux résultats de

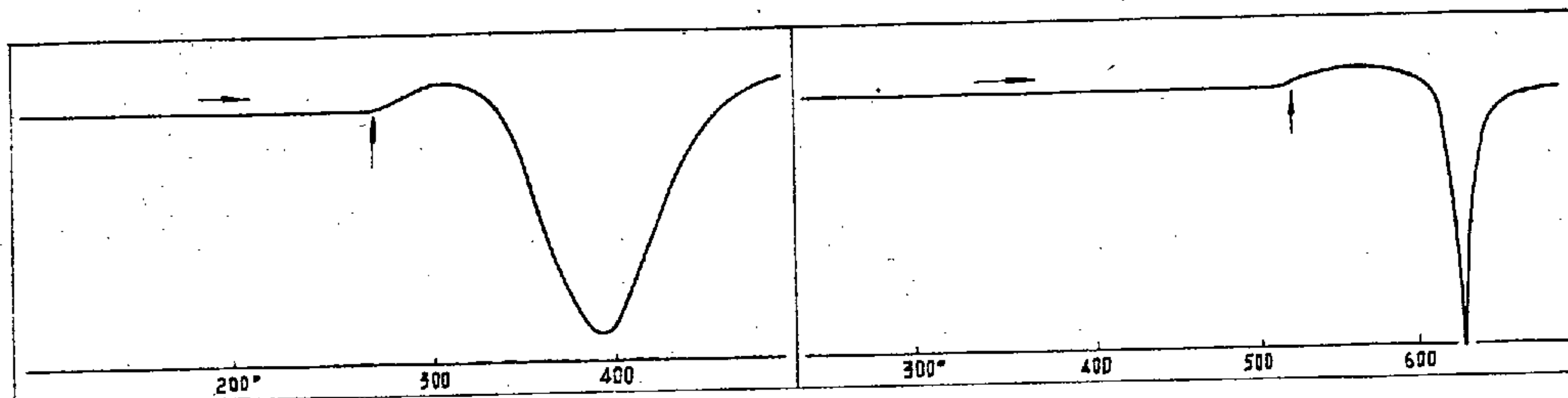


Fig. 1. — Métaphosphate de sodium.

Fig. 2. — Métaphosphate de calcium.

l'analyse thermique dans le sens du chauffage, présentent chacun deux accidents intéressants. Un premier changement d'allure des courbes situé respectivement vers 280° pour le verre de sodium et 520° pour celui de calcium correspond au *point de transformation* du verre. La cristallisation apparaissant ensuite est accompagnée d'un dégagement de chaleur notable qui se manifeste sur les courbes par une très forte déviation; les températures de 305° (verre de sodium) et 600° (verre de calcium) caractérisaient d'après ces courbes le début de ce phénomène.

Si nous comparons les températures du premier accident thermique (280°-520°) avec celles du début du ramollissement (295°-530°) correspondant aux points R des courbes pointillées (I, *fig.* 3 et 4), nous voyons, qu'au très faible écart près imputable à la différence de sensibilité entre ces deux méthodes, il ne peut s'agir que du même phénomène. L'analyse thermique différentielle, de même que la dilatométrie (3) et (4), permet donc de déceler la zone de transformation d'un produit vitreux, coïncidant avec celle de la brusque variation de plasticité (point de ramollissement).

Les courbes de vitesse de cristallisation (II, *fig.* 3 et 4) où l'on a exprimé, en fonction de la température, l'inverse $1/t$ du temps t, en minutes, mis par une perle de grosseur déterminée à se recouvrir

(3) *Ann. de Chim.*, 2e série, **3**, 1935, p. 5.
(4) Paris et Mondain-Monval, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 2075.

entièrement de cristaux, sont caractérisées par les valeurs suivantes ([5])

	Verre de sodium.	Verre de calcium.
Début de cristallisation	315°	560°
Vitesse maximum de développement des cristaux	440°	760°

L'aplatissement de ces courbes sur l'axe des températures au voisinage du point de ramollissement, c'est-à-dire la très faible vitesse de cristalli-

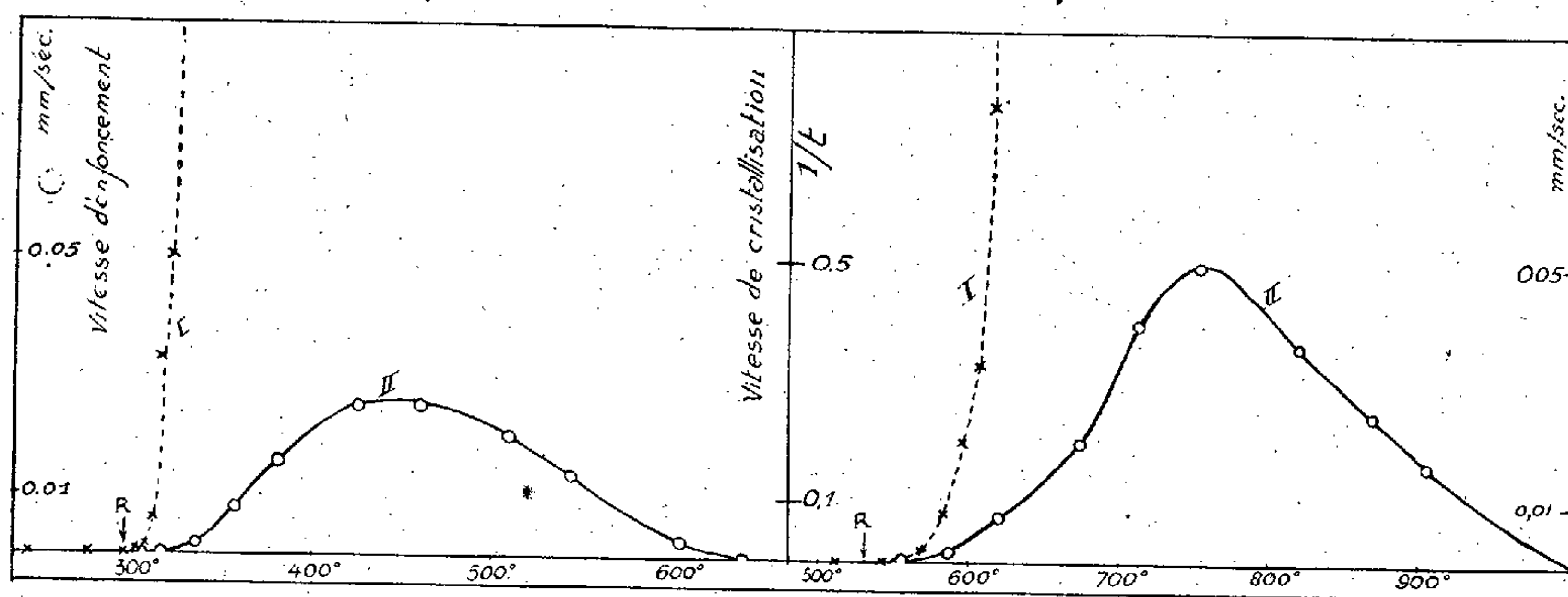


Fig. 3. — Métaphosphate de sodium. Fig. 4. — Métaphosphate de calcium.

sation dans cette zone, rend évidentes certaines particularités de l'analyse thermique différentielle, à savoir :

a. l'écart existant entre les deux accidents thermiques pour une vitesse de chauffe relativement grande (1 à 3° par minute);

b. l'amoindrissement de cet écart avec la diminution de la vitesse de chauffe (effectivement observé);

c. la possibilité de réaliser, pour le verre de calcium principalement, des expériences d'analyse thermique dans les deux sens (chauffage et refroidissement). Si l'on opère suffisamment vite, on pourra, en effet, porter le verre jusque vers 580° sans produire de cristallisation appréciable et l'on aura ainsi le moyen de vérifier la réversibilité de l'accident thermique qui correspond au point de transformation.

Remarquons enfin que, dans le cas des métaphosphates de sodium et de calcium, le début de ramollissement du produit vitreux coïncide avec la limite inférieure de cristallisation.

([5]) Malgré la diversité des formes cristallines existant pour chacun de ces produits, nous ferons remarquer que la cristallisation du produit vitreux donne, à toute température, la même espèce cristalline : trimétaphosphate A de sodium, métaphosphate B de calcium [Boullé ([1])].

GÉOLOGIE. — *La nappe marginale crétacée prérifaine.* Note de MM. **Jean Lacoste** et **Willy Bruderer**, transmise par M. Charles Jacob.

Depuis le moment où ont été identifiées dans le Prérif, par une faune microscopique, des marnes crétacées très semblables d'aspect aux marnes miocènes (1), on a progressivement signalé leur extension à toute la bordure de l'arc rifain. Tenant compte de pressions tangentielles et chevauchements évidents dirigés vers la périphérie, une question se posait alors, celle des relations de la masse marneuse crétacée, qui s'avérait très épaisse, avec le Miocène de bordure sur lequel elle se montrait refoulée. Il était difficile d'apprécier l'ampleur de ce refoulement pour diverses raisons : aucune *fenêtre* n'a pu être observée sous le Crétacé; les sondages du Rharb exploraient celui-ci jusqu'à 2000^m, sans en sortir. La conséquence était que ce Crétacé de bordure *était supposé sub-autochtone.* Des schémas de W. Bruderer ont clairement figuré l'évolution progressive des idées tectoniques et leurs différentes phases, relatives à cette marge prérifaine (2).

Tout d'abord le sondage de Gueddara, au Nord de Meknès et à 6^{km} au Nord de la ride prérifaine du Tselfat, a témoigné que le refoulement Crétacé sur le Miocène était au minimum de 5 à 6^{km} (3).

Ce premier résultat a été récemment éclairé par un autre sondage qui, à Bou-Mimoum près Sidi-Slimane dans la plaine du Rharb, a atteint le contact crétacé sur Miocène inférieur à 2200^m.

Il est donc incontestable que, dans cette région atlantique du Prérif, où l'avant-pays est très affaissé, *le Crétacé marneux s'est trouvé déplacé très en avant vers l'extérieur de l'arc rifain.* Ce déplacement a pu se produire à la façon d'un écoulement de matière extrêmement plastique épousant les formes de substratum. Les caractères colloïdaux de ces marnes semblent en effet déterminer cette plasticité (4).

La masse de Crétacé prérifain, refoulée ainsi vers la périphérie de la chaîne rifaine, se montre tout à ait indépendante du Jurassique calcaire

(1) J. Lacoste, *C. R. sommaire séances Soc. Géol.*, Paris, 1931, p. 37-38.

(2) W. Bruderer, *Congrès du Pétrole*, 1937, p. 447.

(3) J. Lacoste, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1081-1083.

(4) M. Didier et J. Lacoste, *C. R. sommaire séances Soc. Géol.*, Paris, 8, 1938, p. 137-139.

dont elle s'est nettement séparée. Dans cette masse crétacée sont insérés des synclinaux ou lames de Nummulitique et Miocène, passivement entraînés (6).

Cette nouvelle donnée sur la tectonique prérifaine suggère l'importance de la pression imposée aux sédiments de l'avant-fosse prérifaine par ceux de la zone schisteuse plus interne. Dans ces conditions, il paraît probable que leur contact anormal, jalonné par les lignes de Klippes calcaires des Sofs et de l'Ouerrha, plus ou moins déracinés et chevauchants, puisse traduire une marge notable de superposition qu'il reste à préciser.

Pour s'en tenir aux faits nouvellement constatés dans le Prérif, il apparaît que *le phénomène tectonique majeur est la dysharmonie structurale considérable entre l'ensemble Crétacé-Nummulitique d'une part, et l'ensemble Trias-Jurassique d'autre part.* Ainsi s'affirme à l'extrême le contraste qui avait paru si remarquable entre leurs tectoniques respectives, l'une cassante et l'autre souple (7). Reste à inférer, d'après ces faits, l'indépendance qu'a pu prendre à son tour le groupe Trias-Jurassique par rapport au socle métamorphique.

Les divers accidents diapiriques qui nous ont toujours paru être dans ces régions, non le caractère essentiel, mais bien la *conséquence* des conditions tectoniques générales, se montrent donc réellement comme le résultat de la dysharmonie structurale profonde (8), que nous avons antérieurement décrite comme le froncement général de la couverture (7).

Les coupes de sondages montrent avec évidence que la mise en place de la nappe marginale crétacée est d'âge helvétien inférieur (Beni-Amar), phase majeure déjà signalée (9).

---

(6) R. Vigier, F. Lassauzé et J. Lacoste, *Congrès du Pétrole*, 1937, p. 197.

(7) J. Lacoste, *Recherches sur le Rif méridional*, 2, 1934, Chap. *Tectonique profonde*.

(8) « Là où il y a dysharmonie structurale, il y a diapisme » (Mrazec).

(9) J. Lacoste et M. Rey, *Bull. Soc. géol. France*, 8, v-vi, 17 janv. 1938, p. 305, pl. XXI-XXV, 2 fig.

GÉOLOGIE. — *Les couches de passage du Dévonien au Carbonifère dans le Gourara (Sahara Occidental).* Note de M. **André Meyendorff**, transmise par M. Charles Jacob.

Dans la Saoura, les formations comprises entre la zone V à *Gonioclymenia subcarinata* Münst. du Dévonien supérieur et la zone à *Aganides rotatorius* de Kon. du Tournaisien supérieur n'ont pas fourni de fossiles (¹). Par contre, dans le Gourara, qui constitue le prolongement vers le Sud-Est du sillon de la Saoura (²), les niveaux qui nous intéressent sont largement découverts et nous fournissent la succession suivante :

A 20^{km} vers l'Ouest des Oulad Rached, au-dessus des schistes à *Platyclymenia annulata* Münst., zone IV du Dévonien supérieur, apparaissent des niveaux à *Spirifer Verneuili* Murch., Rhynchonelles et Lamellibranches; plus haut, des schistes gréseux m'ont fourni un ensemble caractéristique d'espèces de la zone d'Etrœungt : *Spirifer Verneuili* Murch., *Spirifer Julii* Dehée, *Rhynchonella letiensis* Goss., *Productus niger* Goss., *Productela*, *Bellerophon* et un *Aganides*.

A l'extrémité méridionale de la Gara el Kahla, le niveau équivalent du précédent renferme *Spirifer Verneuili* Murch., *Spirifer Julii* Dehée, *Spirifer tornacensis* de Kon., *Productus prælongus* Sow., *Rhynchonella nux* Goss., *Phacops accipitrinus* Phill., *Productella*, *Bellerophon*; quelques mètres au-dessus, on trouve un niveau à *Spirifer tornacensis* de Kon., *Productus niger* Goss., *Phacops accipitrinus* Phill., *Productella* et des Lamellibranches. La série se continue par un ensemble gréseux à ripple-marks et traces de vers, peu fossilifère en général, mais dont certains niveaux contiennent *Spirifer tornacensis* de Kon. et *Syringothyris typa* Winchell; plus haut, dans une intercalation marneuse, j'ai pu recueillir une faune de Goniatites pyriteuses, en particulier *Gattendorfia* cf. *crassa* H. Schmidt, *Gattendorfia* sp. et des *Aganides*, associés à des *Productus* du groupe de *Productus semireticulatus* Martin. La série gréseuse reprend aussitôt et monte jusqu'au Tournaisien supérieur, c'est-à-dire jusqu'aux schistes à *Aganides rotatotius* de Kon., *Protocanites Lyoni* M. et W., *Pericyclus princeps* de Kon., *Muensteroceras rotella* de Kon. et *Prodomites*.

Cette coupe définit, sans ambiguïté, la position de la zone à *Gattendorfia* dans l'échelle stratigraphique : ainsi que l'a prévu Delépine (³) et contrairement à ce que pensait Schindewolf (⁴), qui en faisait la zone VII du

---

(¹) Menchikoff, *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, 2ᵉ série, II, 1933, p. 117.

(²) Menchikoff, *Rev. Géogr. et Géol. Dyn.*, **3**, II, 1930, p. 77; Meyendorff, *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 199.

(³) *Livre Jubilaire du Centenaire Soc. géol. France*, 1930, p. 213.

(⁴) *N. Jahrb. f. Min.*, **49**, 1923, p. 250.

Dévonien supérieur, le niveau à *Gattendorfia* appartient au Tournaisien inférieur; sa position au-dessus de la zone d'Etrœungt d'une part, et d'autre part la coexistence des *Gattendorfia* avec des *Productus* semi-réticulés ne permettent plus aucun doute à ce sujet.

La zone d'Etrœungt de la coupe de Gourara présente de grandes analogies de faune et de faciès avec celle des régions faiblement plissées de la plate-forme saharienne, en particulier avec celle du synclinal de Tindouf ([5]). A ce niveau le sillon de la Saoura semble donc avoir perdu son individualité; son état indifférencié se maintient assez longtemps dans le Tournaisien inférieur, et nous retrouvons, au Gourara comme à Tindouf, dans les formations de cet âge, des grès à ripple-marks et traces de vers, témoins d'une mer très peu profonde. La sédimentation marine, à cette époque, semble pourtant avoir été continue dans tout le Sahara occidental, dans le sillon de la Saoura aussi bien que dans le synclinal de Tindouf.

HYDROLOGIE. — *Le transport de sels dissous par le Niger en* 1938. Note ([1]) de M. **Mengli Guirey Enikeff.**

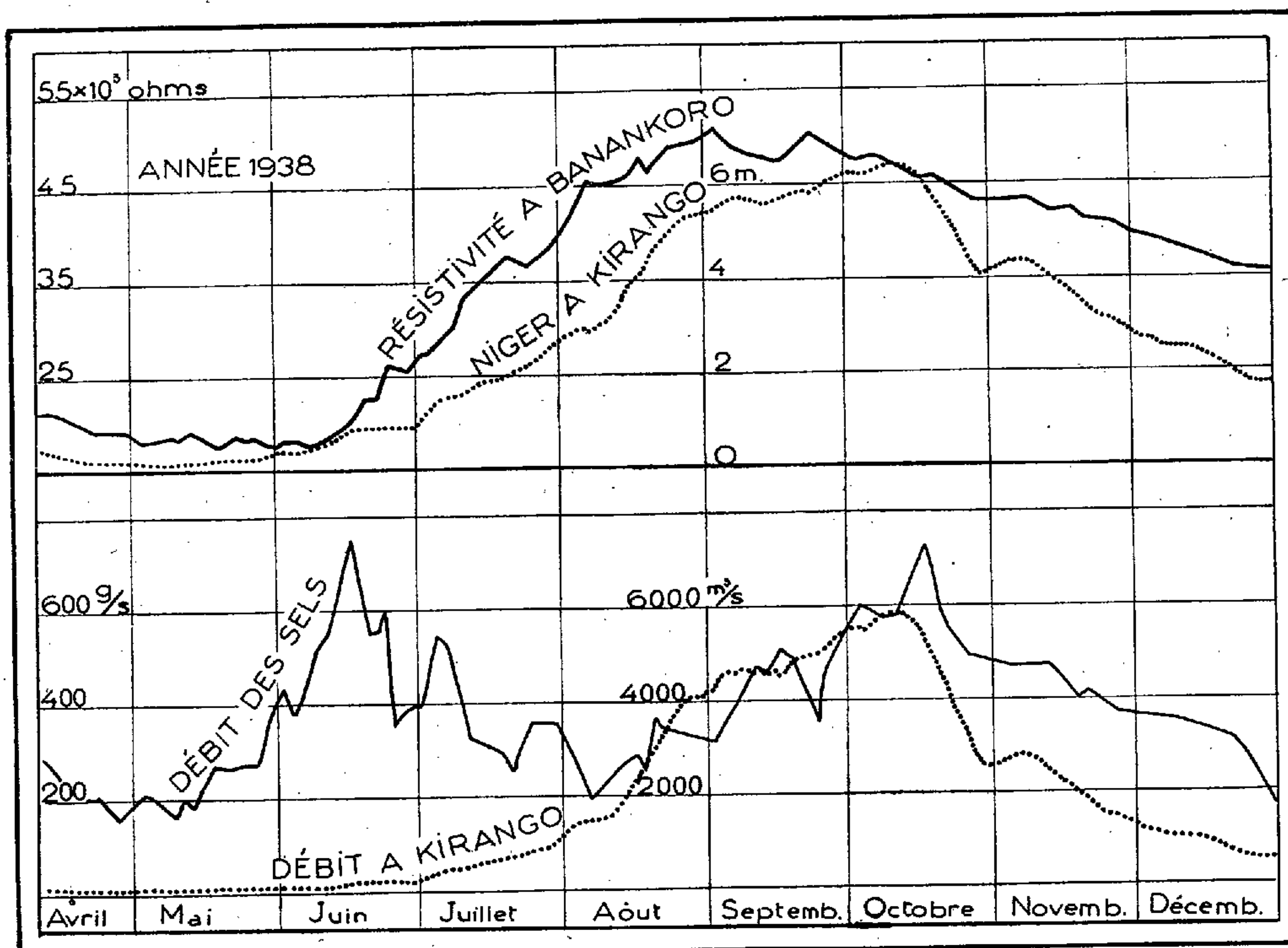
La résistance électrique des eaux du Niger a été mesurée au moyen d'un auditohmmètre Chauvin et Arnoux du 11 avril au 31 décembre 1938 à Banankoro (15^{km} en aval de Ségou). En cet endroit le fleuve inonde déjà en forte crue les berges, mais aucun marigot important ne s'en détache encore, comme cela a lieu plus en aval, où les bras abandonnés de l'ancien delta commencent à être réalimentés en conséquence des travaux de l'Office du Niger.

Les résultats des mesures sont représentés par la ligne supérieure de la figure accompagnant cette Note. On y voit que la résistivité rapportée à 18° a varié de 17000^{ω} à 51000^{ω}. Les eaux du Niger ont donc été très peu minéralisées *en toute saison*. Cependant, la crue, comme on le voit par comparaison avec le graphique de l'échelle hydrométrique de Kirango (40^{km} en aval de Banankoro), apporte des eaux ayant une teneur en sels dissous sensiblement inférieure à celle de l'étiage. Cette constatation est d'une utilité évidente pour les irrigations.

([5]) Menchikoff, *Rev. Géogr. Phys. et Géol. Dyn.*, 3, xi, 1930, p. 54.

([1]) Séance du 17 juillet 1939.

Si, maintenant, on convertit, d'une part, les niveaux à Kirango en débits au moyen de la courbe de débits établie par le Service Hydraulique de l'Office du Niger (graphique inférieur de la figure) et, d'autre part, les



résistivités en teneurs en sels au moyen des tables de l'U. S. Department of Agriculture, on peut calculer approximativement le *débit* des sels dissous, car entre Banankoro et Kirango le débit du Niger ne subit pas de variation sensible.

Le graphique du débit des sels dissous montre alors que, pendant la durée des observations, le Niger a eu *deux* crues salines principales, ayant atteint un maximum comparable dans les deux cas. Entre ces crues le fleuve transportait de 150 à 200 g/s de sels dissous. Le débit maximum a été de 750 g/s le 15 juin et de 725 g/s le 17 octobre 1938.

La première de ces crues a coïncidé avec le début de l'hivernage. Je l'attribue donc surtout au délavage par les eaux de ruissellement. D'ailleurs les renforcements secondaires qui festonnent le graphique se sont produits au moment où de nouvelles pluies ont eu lieu après 7 à 10 jours secs.

L'importance de la toute première montée a peut-être été augmentée par l'existence sur les berges près des villages de tout genre de détritus.

La deuxième crue saline principale a atteint son maximum à la fin de l'hivernage, au moment du maximum du fleuve, ou, peut-être, légèrement après. La baisse du débit des sels dissous fut ensuite moins rapide que la décrue du fleuve. J'attribue ces faits à l'action prépondérante des eaux souterraines qui doivent être enrichies par les eaux de pluie infiltrées. Le processus du délavage des terrains du bassin versant du Niger serait ainsi double et se poursuivrait tant à la surface qu'en profondeur.

J'ai essayé aussi d'évaluer approximativement le poids total des sels dissous transportés par le Niger à Banankoro. La surface du graphique de leur débit m'a donné un poids de 8400 tonnes environ pour un volume d'eau de 37,6 milliards de mètres cubes environ, entre le 11 avril et le 31 décembre 1938. Pour l'année entière le volume de sels transportés s'élèverait à 9000 tonnes environ. Or la surface du bassin versant du Niger à Banankoro mesure approximativement 137000 kilomètres carrés. Le volume des produits de l'érosion chimique transporté à Banankoro en un an correspond ainsi, en première approximation, à 70^{kg} par kilomètre carré du bassin versant.

BOTANIQUE. — *Une particularité de l'ovule chez* Amygdalus communis *L.* Note [1] de M. **A. Pitot**, transmise par M. Alexandre Guilliermond.

Au cours de ces deux dernières années, nous avons pu observer, chez un Amandier du Jardin des Plantes de Montpellier, une particularité de l'ovule, qui, à notre connaissance, n'a jamais encore été signalée. F. Went [2] et Péchoutre [3], dans leurs études approfondies de l'évolution de l'ovule des Rosacées, n'en font point mention.

L'arbre en question est très florifère, mais après la floraison on assiste, ce qui est le cas général, à une chute massive des fleurs. Parmi les ovaires persistants, à côté d'ovules normaux, on remarque des ovules, également développés, mais portant à leur extrémité supérieure une masse piriforme

(1) Séance du 17 juillet 1939.
(2) *Ann. Sc. nat. Bot.*, 7e série, 6, 1887, p. 331.
(3) *Ann. Sc. nat. Bot.*, 8e série, 16, 1902, p. 1.

plus ou moins volumineuse (*fig* 1), translucide et nue. Fixée au sommet de l'ovule, elle s'encastre entre les parois carpellaires au sommet de l'ovaire. Elle peut devenir plus volumineuse que le corps de l'ovule lui-même.

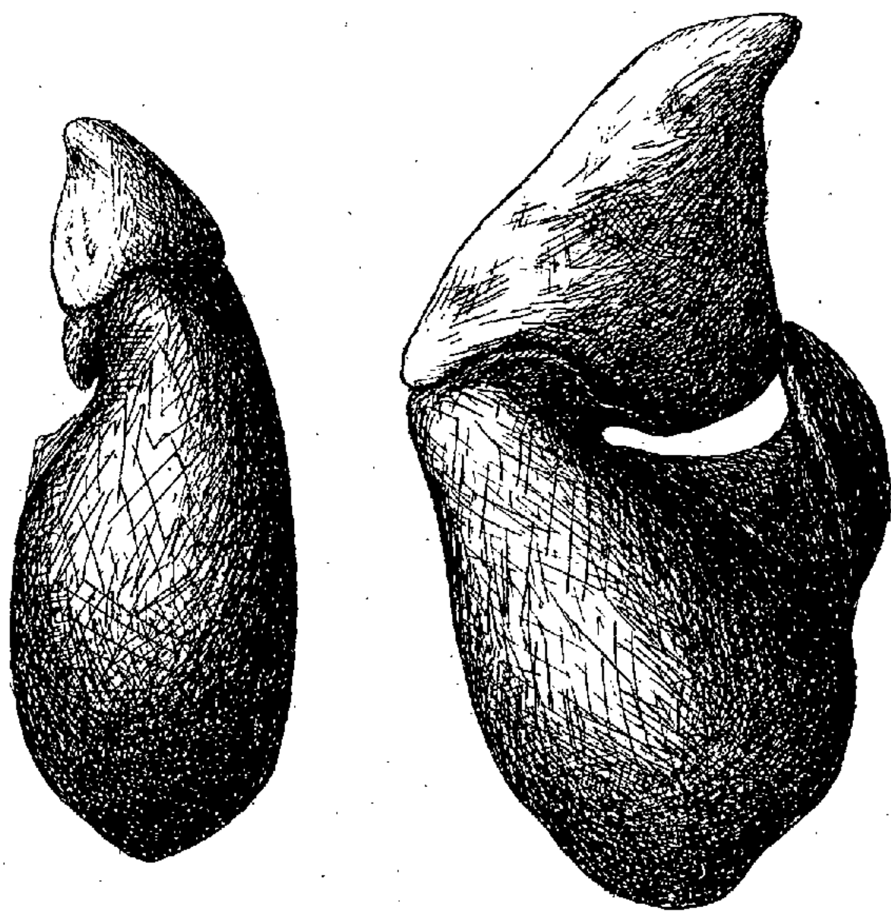


Fig. 1.

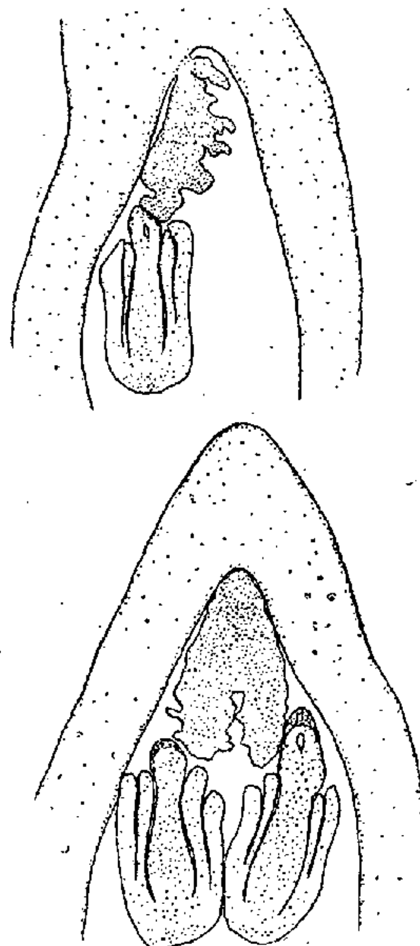


Fig. 2.

Au cours de la première année d'observation, 40 à 50 % des ovules présentaient cette conformation anormale. Au cours de la seconde année, cette proportion s'est élevée à 90 % environ. Cette excroissance se développe pendant un temps plus ou moins long, mais entraîne toujours l'avortement des ovules. Ceux qui arrivent à l'état adulte ne présentent jamais cette anomalie.

De rapides études ontogénétiques nous ont montré que cette excroissance n'est autre que l'extrémité supérieure du nucelle hypertrophié s'échappant des téguments. Les cellules qui la constituent atteignent et dépassent le double de la taille des éléments d'un ovule normal. Les cellules de la coiffe épidermique décrites par Went et Péchoutre chez les Rosacées deviennent indistinctes. Les noyaux sont eux-mêmes plus volumineux. Le sac embryonnaire entraîné dans l'excroissance s'atrophie sans atteindre la forme en haltère que Went a signalée au moment de la fécondation.

Peu à peu, cette masse hypertrophiée dégénère elle-même en se creusant de cavités irrégulières. Elle se distingue alors nettement des tissus

nucellaires sous-jacents et se détache très facilement des tissus de l'ovule. C'est le stade le plus évolué que l'ensemble peut atteindre.

Nous attirons l'attention sur un autre détail, celui-ci sans doute normal, et peut-être en relation avec le précédent : dans l'ovule jeune, le nucelle s'allonge en entraînant le sac embryonnaire, son extrémité émerge des téguments qui l'entourent (*fig.* 2) (³). Elle se moule alors étroitement contre la paroi de l'obturateur et joue, peut-être, un rôle dans la fécondation.

Ainsi, dans les ovules normaux, la prolifération du nucelle serait très réduite, alors que dans les ovules anormaux elle serait, pour des raisons encore inconnues, exubérante, et provoquerait finalement l'atrophie de l'organe.

Nous poursuivons l'étude de ces phénomènes.

BOTANIQUE. — *La présence inattendue d'une Myricacée en Nouvelle-Calédonie.* Note de M. **André Guillaumin**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Si la Nouvelle-Calédonie ne possède pas de famille spéciale, les genres endémiques y abondent : plus d'une centaine, sur un total ne dépassant pas 625.

Il est digne de remarque que, parmi ceux-ci, il en est qui représentent en Nouvelle-Calédonie des familles qui manquent totalement dans le reste de l'Océanie et constituent, à eux seuls, des groupes systématiques (tribus ou sous-familles) spéciaux.

J'ai signalé (⁴) le cas de l'*Oceanopapaver*, genre monotype assez répandu en Nouvelle-Calédonie, qui y représente les Papavéracées alors que la famille manque dans toute l'Océanie et qui ne rentre dans aucune tribu connue.

Le nouveau genre *Canacomyrica* en fournit un nouvel exemple. Les Myricacées manquent complètement en Océanie à l'est des Philippines, de Bornéo et de Java, soit environ 125° de longitude est et, dans l'Amérique du Sud, les 5 espèces connues n'atteignent que le nord du Pérou et de la Bolivie, ne descendant pas au delà de 15° de latitude Sud.

C'est évidemment une Myricacée : fleurs apérianthées, sessiles à

(³) Figures 1 et 2, grossissement 10.

(⁴) *Bull. Soc. bot. France*, 79, p. 225, 1932.

l'aisselle d'une bractée accompagnée de bractéoles, ovaire uniloculaire, à un seul ovule orthotrope, feuilles alternes coriaces, dentées, présentant à la surface supérieure des cryptes résinifères, à stomates localisés sur la face inférieure, graine sans albumen. Mais, alors que les trois genres *Gale*, *Myrica* et *Comptonia*, qui constituent la famille, sont très voisins à tel point que, jusqu'à la monographie d'A. Chevalier ([2]), on en faisait un seul genre *Myrica*, le *Canacomyrica* a des pieds ♂ et des pieds ⚥ au lieu d'avoir des pieds ♂ et d'autres ♀, les fleurs ⚥ présentent des étamines extrorses insérées sur l'ovaire et appliquées contre un style très court, entre ses cannelures; en outre les stigmates au lieu d'être entiers, filiformes ou subulés, sont lamelleux, bifides et laciniés sur les bords, enfin si l'ovule est orthotrope, il n'est pas à micropyle supère, mais pend à l'extrémité d'un long funicule dressé, et son micropyle est infère. En outre, si l'épiderme supérieur des feuilles est à cellules à parois rectilignes comme chez les *Gale* et les *Myrica*, il existe un hypoderme continu, ce qui ne se rencontre pas chez les *Gale* et les *Comptonia* et est assez rare chez les *Myrica*. Enfin, alors que les *Gale*, les *Myrica* et les *Comptonia* présentent dans le pétiole toujours trois faisceaux libéro-ligneux qui, écartés à l'initiale, sont contigus ou accolés à la caractéristique, le *Canacomyrica* a un arc libéro-ligneux continu.

Il paraît donc qu'il faille considérer ce nouveau genre comme le type d'une tribu ou sous-famille spéciale des Myricacées.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *La nature de la cytomyxie*. Note ([1]) de M. **Jean Courtine**, transmise par M. Alexandre Guilliermond.

On sait que, sous le nom de cytomyxie (R. R. Gates), on a décrit un phénomène qui a été interprété comme étant le témoignage d'échanges nucléaires matériels entre cellules-mères de grains de pollen au cours de la méiose, au stade du peloton. La nature du phénomène est encore très discutée.

Etudiant les cellules-mères du pollen de *Triticum vulgare*, *T. durum*, *T. monococcum*, *T. dicoccum* et leurs hybrides avec *Ægylops ovata*, nous avons retrouvé les figures décrites sous le nom de cytomyxie par nos prédé-

([2]) *Mém. Soc. nat. Sc. nat. et math. Cherbourg*, 32, 1901, p. 85-341, 1901.

([1]) Séance du 17 juillet 1939.

cesseurs. Celles-ci étaient visibles dans un grand nombre de cellules-mères en voie de division hétérotypique, surtout au moment des prophase et métaphase. A la prophase, au stade du peloton et à la métaphase, nous avons vu de nombreuses cellules-mères (20-30 %) avec des noyaux en forme de poire ; souvent la matière chromatique traversait la membrane pour se répandre soit dans le cytoplasme d'une cellule voisine (*fig.* 1), soit

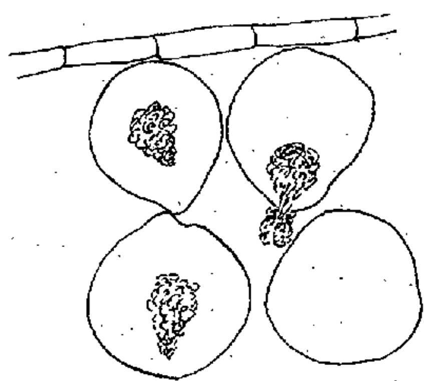


Fig. 1.

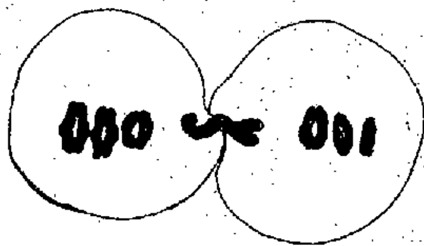


Fig. 2.

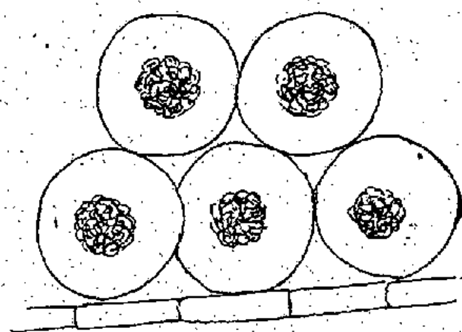


Fig. 3.

entre les cellules. Le nucléole se déplaçait également souvent jusqu'à la membrane cellulaire. Ces noyaux avaient des stries rappelant celles des fuseaux et semblaient très visqueux. Il était assez surprenant de constater que la pénétration de matière nucléaire et surtout de chromosomes (*fig.* 2) dans une autre cellule ne laissât dans la cellule envahie point de trace sous la forme de *micronuclei*, comme c'est la règle pour les chromosomes aberrants au cours des divisions hétérotypiques des hybrides interspécifiques.

Des observations nouvelles nous ont permis d'affirmer que la cytomyxie n'est pas un phénomène normal de la méiose, mais provoquée par les techniques microscopiques. C'est ainsi qu'une pression, même modérée, sur l'anthère, pour faire sortir les cellules-mères, est suffisante pour provoquer le phénomène.

En supprimant la pression par une dissection soignée et en interposant un cheveu entre lame et lamelle, on ne retrouve plus les figures de la cytomyxie (*fig.* 3). Les coupes d'anthères, après fixation prudente et inclusion d'épillets entiers pour éviter de blesser les anthères, nous ont donné les mêmes résultats.

Il résulte de ces observations :

1° que les noyaux possèdent au stade du peloton une très grande viscosité ;

2° qu'une section mécanique peut donner au noyau en méiose des formes variables ;

3° que le phénomène appelé cytomyxie exprime une altération nucléaire traumatique provoquée par les techniques microscopiques, ce qui confirme l'opinion émise par Fraser, Yasui et R. de Litardière.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la détermination de la teneur en humidité dans les matières végétales.* Note de M. MARCEL CHOPIN, présentée par M. Louis Blaringhem.

La détermination de la teneur en humidité joue un rôle important dans le contrôle de nombreuses industries alimentaires, en meunerie, en malterie. Il importe que les variations de l'humidité des grains soumis aux opérations soient décelées sans le retard de plusieurs heures qu'exige la méthode classique de dessiccation vers 100°. Les méthodes électriques, ou encore l'emploi de températures de l'ordre de 150 à 200° pendant un temps arbitrairement fixé à 20 minutes, sont généralement très imprécises, les premières en raison de l'influence prépondérante de l'état superficiel du grain, les secondes par suite de l'oxydation provoquée par le courant d'air chaud et du départ, non contrôlé, de produits pyrogénés.

Reprenant cette question que nous avions déjà étudiée antérieurement [1], nous préconisons aujourd'hui la solution suivante : L'échantillon, disposé en couche mince et à l'abri de l'air, est placé à l'intérieur d'une masse métallique portée à 200° C. Grâce à l'excellent échange thermique réalisé, la vaporisation de l'eau contenue dans l'échantillon se produit très rapidement, mais il est évidemment nécessaire d'arrêter la distillation en temps utile. Nous dirigeons pour cela le courant de vapeur, maintenue à l'état de surchauffe, dans un petit récipient contenant du carbure de calcium où elle se transforme en acétylène que l'on enflamme au niveau d'un bec. La flamme passe rapidement par un maximum, puis rétrograde. Lorsqu'il s'agit d'échantillons stables à cette température, l'enlèvement de la coupelle a lieu à l'extinction de la flamme. Avec les matières végétales, la fin de l'émission de l'eau est accompagnée d'un commencement de distillation pyrogénée. On évite l'erreur qu'elle provoquerait en enlevant la coupelle lorsque la flamme résiduelle disparaît derrière un petit écran, dont la hauteur est fixée par étalonnage avec la méthode classique.

---

(1) *Comptes rendus*, **171**, 1920, p. 860.

Dans l'étuve rapide que nous avons construite sur ces données, la masse chauffante est formée de deux disques superposés ménageant une cavité recevant la coupelle et dont le profil est tel que l'échantillon se trouve en quelque sorte noyé dans le métal. Cet ensemble est complété par des résistances électriques que contrôle un régulateur de température et par une lampe à acétylène reliée à la cavité, disposée de manière à être maintenue à une température un peu supérieure à 100°. La coupelle, de 72^{mm} de diamètre, reçoit soit 5^{g} de farine de froment, soit 8^{g} de grains non broyés et disposés sensiblement en une seule couche ; la farine est aplatie en couche régulière par la rotation d'un disque qui la protège contre la reprise d'humidité pendant la pesée finale.

L'emploi de la lampe à acétylène, comme détecteur de la fin de l'émission de vapeur d'eau, présente l'avantage de faire dépendre la durée de chauffe du taux variable des humidités et de suppléer aux inégalités qui peuvent se produire dans la transmission de la chaleur. Ces dispositions nous ont permis de réduire, pour des échantillons d'humidité courante, à 4 ou 5 minutes pour les farines, et 6 ou 7 minutes pour les blés et les orges, la durée de chauffe. Après avoir fixé par la méthode classique à 102° et à l'aide de notre étuve isotherme en aluminium la hauteur des écrans qui conviennent aux farines et aux blés, nous avons essayé avec ces deux étuves une quarantaine d'échantillons de provenances très diverses. Les écarts de résultats, exprimés en pourcentage d'humidité, dépassent rarement 0,15 pour les farines de froment et 0,30 pour les froments en grains. Ce degré de précision, industriellement très satisfaisant, est principalement dû au fait que chaque échantillon est exactement traité dans le temps requis. Des essais effectués sur des orges, des avoines, et aussi sur des matières minérales (sables, ciments), donnèrent lieu à des constatations du même ordre.

Le chauffage des céréales à 200° provoque l'éclatement du grain, perceptible par les soubresauts imprimés à la flamme d'acétylène. Ces soubresauts s'atténuent beaucoup lorsque les grains ont été préalablement conditionnés à chaud, ce qui confirmerait l'hypothèse selon laquelle le conditionnement provoque un décollement des enveloppes et facilite ainsi la mouture. Cette technique, convenablement adaptée, permet de se rendre compte du mode de répartition de l'eau à l'intérieur des céréales, du bois et de diverses autres matières végétales.

GÉNÉTIQUE. — *Apparition de mutations géantes et polyploïdes chez le Colza, la Pervenche et le Lin à grande fleur, après application de colchicine.* Note de MM. **Marc Simonet** et **Robert Chopinet**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Dès 1938 nous avons obtenu les premières mutations tétraploïdes en traitant à la colchicine quelques espèces de *Petunia*, Radis, Lin à fibres et Lin oléagineux (*Linum usitatissimum*) (1). Ces plantes, actuellement en multiplication, sont géantes; quelques-unes ne sont pas aussi fertiles que celles dont elles sont issues; une sélection judicieuse permettra sans doute d'obtenir des lignées ne présentant plus ce défaut.

Poursuivant ces premiers travaux au Centre des Recherches agronomiques de Provence (Villa Thuret, Antibes, A.-M.), toujours après application du même alcaloïde, nous avons obtenu trois nouveaux cas de variations géantes de Colza (*Brassica campestris* L., var. *oleifera* D. C.), de Pervenche de Madagascar (*Vinca rosea* L.) et de Lin à grande fleur (*Linum grandiflorum* Desf., var. *rubrum* Hort.).

Deux techniques ont été employées :

1° Pour la Pervenche, comme en 1938 chez le *Petunia*, nous avons rabattu 10 plantes, en pleine floraison, à 5cm du sol. Après suppression de tous les rameaux axillaires, 2 à 3 gouttes de colchicine en solution aqueuse à 0,4 % ont été déposées, matin et soir durant neuf jours, à l'aisselle des quelques feuilles conservées.

2° Pour le Colza et le Lin, l'œil central (entre les cotylédons) d'une centaine de jeunes semis a été badigeonné deux fois, à 4-5 jours d'intervalle, avec une gelée encore tiède d'agar-agar contenant 1 pour 100 de colchicine; au moment de l'emploi, un bouillon d'agar-agar à 3 % est additionné, à volume égal, d'une solution aqueuse de colchicine à 2 %.

Après un arrêt temporaire de la végétation, les plantes traitées ont repoussé lentement, tout en présentant des modifications allant de l'épaississement des feuilles à des déformations plus profondes. C'est ainsi

(1) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1832-1834; *Rev. Hort.*, 26, 1938, p. 159-161; *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 85-87; *Comptes rendus Acad. Agr.*, **24**, 1938, p. 846-850; *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 1126-1128.

que ces mêmes organes peuvent être lobés, incisés, ou encore présenter les altérations caractéristiques de certains états pathologiques (mosaïque, frisolée, enroulement etc.).

Chez un certain nombre de plantes il se produit un accroissement très net du système végétatif, un certain gigantisme, variations encore marquées par un pollen à grains de volume double de celui des individus témoins et constatées dans les proportions ci-après : deux chez la Pervenche, trente chez le Colza et cinq chez le Lin à grande fleur.

Chez le Lin une soixantaine des plumules traitées ont dépéri par avortement, tandis que des rejets normaux apparaissaient sur l'axe hypocotylé.

L'étude caryologique, faite dans les cellules mères des grains de pollen à l'aide de la méthode au carmin acétique, nous a montré que ces mutants sont tous tétraploïdes : $n=16$ pour *Vinca rosea*, $n=38$ pour le Colza et $n=16$ chez *Linum grandiflorum*, alors que les plantes témoins de ces différentes espèces ont respectivement : $n=8$, 19 et 8, dénombrements effectués à la métaphase homéotypique.

Ces autotétraploïdes ont une méiose irrégulière par suite de la présence d'éléments diversement conjugués : univalents, bi, tri et tétravalents, d'ailleurs assez difficilement dénombrables à la métaphase hétérotypique; la seconde division présente des irrégularités dans la répartition des chromosomes et aboutit à la formation de tétrades anormales et d'un pollen plus ou moins aberrant; les grains bien conformés n'existent plus que dans les proportions suivantes : 80 % chez le Colza et le Lin, 40 % chez la Pervenche, alors que dans les lots témoins les plantes ont un pollen tout à fait régulier.

Il est intéressant de signaler que la seconde technique employée, proposée par A. Levan (²), est une amélioration sensible de celles employées précédemment. Son action, plus durable, est aussi moins brutale. En particulier, elle ne touche pas le système radiculaire sur lequel la colchicine a une action si toxique; aussi la mortalité des plantes traitées est-elle beaucoup moindre. Son efficacité est aussi très certaine; c'est ainsi que chez le Lin à grande fleur, nous venons d'obtenir 5 % de mutants tétraploïdes alors que, par trempage de milliers de graines, les résultats sont restés absolument négatifs. De même, par son emploi, nous avons actuellement en culture des plantes non encore fleuries : Betterave, Poirée, Piment, Aubergine, Chou-Rutabaga, Némophile, Radis noir, Soja, Physalis,

(²) *Hereditas*, 25, 1939, p. 109-131.

Nierembergia, qui présentent des modifications morphologiques indiquant la tétraploïdie. L'efficacité et la simplicité de cette technique sont donc à noter dès maintenant.

Enfin les nouvelles variations géantes et tétraploïdes marquent un progrès réel dans l'amélioration des plantes mises à l'étude. Le Lin et la Pervenche, ornementaux par leurs organes floraux, sont précisément à très grandes fleurs. Quant aux Colzas, ainsi que les Lins oléagineux obtenus en 1938, ils sont à grosses graines, et comme leur fertilité n'est pas réduite, leur obtention peut intéresser l'agriculteur.

GÉNÉTIQUE. — *Disjonctions singulières des hybrides interspécifiques de Blés, Engrains et Froments* (Monococcum × Tr. vulgare). Note de M. **Kuo-Chun Chin**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Les cultures (F_3) faites en 1939 à la station Berthelot, à Bellevue, des descendances des croisements *Monococcum* × *Triticum vulgare* var. Hybride de la paix, ont confirmé dans leur ensemble les faits exposés par l'un de nous en décembre 1938 (1).

Sur le même épi castré *Monococcum* Bellevue portant une douzaine de fleurs en bon état, le pollen du Blé Hybride de la paix (*Trit. vulgare*) fournit deux grains dont l'un, le plus gros, montre les caractères bien nets de la Xénie, grain allongé aux deux bouts comme *Monococcum* (7^{mm}), mais très renflé au milieu avec un dépôt abondant d'amidon.

En 1939, nous prélevons sur chacune des 35 souches de *type maternel* chez (F_2) de 10 à 30 grains que nous semons séparément (F_3). Dans la majorité des cas nous n'obtenons qu'une seule pousse représentant la souche; rarement nous obtenons 3 ou 4 pousses, 11 souches sur les 35 ne se développent pas; le pourcentage de la mortalité des grains hybrides est très élevé. Par contre, les grains qui germent donnent naissance à des plantes vigoureuses à chaumes très nombreux de 6 à 25 talles.

D'autre part, nous prélevons sur chacune des 37 souches de *type paternel* chez (F_2), de 10 à 30 grains que nous semons séparément (F_3). Peu de grains germent; 15 ne donnent rien. La plupart des plantules ne donnent qu'une talle, rarement 3 ou 4. La mortalité des grains hybrides est plus élevée chez les grains du type paternel que chez les grains du type maternel, fait qui avait été observé (F_2) l'année précédente.

(1) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 1141.

Les plantules (F_3) issues du type maternel montrent, au cours de la germination, des gaines de couleur pourpre semblables à celle des plantules du *Monococcum*, et cela sans exception. Les plantules (F_3) issues du type paternel ne présentent qu'en partie des gaines pourpres. Ici la coloration présente des tons variés, et la moitié des plantules reste de la couleur blanche comme chez le père, *Triticum vulgare*.

Sur certaines plantules issues des grains de la même souche paternelle se trouvent réunies les deux sortes de gaines, les unes étant pourpres, les autres blanches. La forme des racines, le processus d'étalement des feuilles, la taille de ces dernières, les chaumes d'une des souches M23 issue de l'épi n° 23 du type maternel (F_2) sont exactement ceux de l'Hybride de la paix, c'est-à-dire du Froment qui a fourni le pollen à l'origine. H23 issue d'un épi du type paternel est tout à fait semblable à la plante mère *Monococcum vulgare* dès le début de la germination et jusqu'après la floraison.

H24 provenant d'un épi du type paternel (F_2) donne cette fois (F_3) un blé intermédiaire.

Les épis issus du type maternel sont à la fois plus longs et plus larges que ceux de la mère et semblables aux épis de la plante (F_2). Or on y trouve des épillets à grains doubles et parmi d'autres épis de la même forme et à grains simples. Pour la majorité des plantes (F_3) du type maternel, les chaumes des plantes sont plus épais et plus élevés, beaucoup plus vigoureux que chez (F_2). La taille de (F_3) du type maternel atteint $1^m,20$, soit 20^{cm} de plus que celle de (F_2), les semis ayant été faits exactement dans les mêmes conditions. La maturité de l'ensemble est plus précoce que celle de la mère, mais plus tardive que celle du père.

Les individus (F_3) de type paternel montrent une grande diversité au cours de leur croissance. D'une manière générale les feuilles sont longues et étroites, mais il s'en trouve qui ressemblent aux feuilles *Monococcum* (mère), d'autres sont du type Hybride de la paix selon les individus; pour d'autres enfin, les feuilles sont de type intermédiaire. Leurs ligules possèdent beaucoup, peu ou pas de poils. La densité des épis est très variable avec des dispositions des épillets sur des types que ne présentaient pas les parents; cette variété est plus grande chez (F_3) que chez (F_2); néanmoins certaines ressemblances se manifestent avec les grands-parents, c'est-à-dire les Froments dont est issu l'Hybride de la paix; on y trouve certains caractères du froment l'Hâtif inversable ou encore du froment Blé de

Bordeaux, ou même ceux du Blé de Champlan. La taille des chaumes va de $0^m,90$ à $1^m,15$. Chaque souche manifeste une certaine diversité; la 2[e] par exemple atteignant $0^m,90$, la 8[e] $0^m,95$ et par conséquent inférieure à la taille de l'Hybride de la paix, type paternel semé dans les mêmes conditions. En 1938, les individus (F_2) de type paternel étaient au contraire plus élevés que leur père. Enfin la précosité des froments nouveaux (F_3) est plus grande que chez le froment d'origine et cela d'environ 10 jours.

BIOLOGIE. — *Concentration des produits gonadotropes urinaires par la méthode des mousses.* Note (¹) de MM. **Robert Courrier** et **André Dognon**, présentée par M. Justin Jolly.

La séparation de certaines substances dissoutes, par leur concentration dans la mousse, a été étudiée par divers auteurs. Les uns se sont proposé de vérifier le théorème de Gibbs, les autres ont recherché des applications industrielles. Une vue inexacte des phénomènes en jeu a conduit les auteurs les plus récents (Ostwald, Schultze) à des méthodes et à des appareils de rendement défectueux. Par contre, en utilisant les principes énoncés dans la Note ci-après par Marcel Abribat, nous avons pu, à l'aide d'appareils extrêmement simples, extraire en quelques minutes d'une façon *pratiquement totale*, et concentrer dans la mousse, parfois à l'état solide, un grand nombre de systèmes à grosses molécules (bleu de Nil, hémoglobine etc.), de suspensions colloïdales (métaux colloïdaux), et de particules plus grosses (bactéries etc.).

L'étude détaillée de ces phénomènes, dont les applications en biologie sont innombrables, et celle de leur mécanisme, dont la tensio-activité n'est qu'un des éléments, seront publiées ailleurs.

Nous nous proposons d'indiquer ici les résultats de l'application de cette méthode à la concentration des substances gonadotropes dans l'urine de la femme enceinte.

Jusqu'à présent les procédés d'extraction de ces substances ont consisté à précipiter les urines au moyen d'alcool, d'acétone, d'acide tannique, d'acide phosphotungstique ou phosphomolybdique; on a utilisé aussi les solutions saturées, dans l'alcool ou l'acétone, d'acide benzoïque, d'acide

(¹) Séance du 17 juillet 1939.

salicylique etc., ou encore l'adsorption par le kaolin, le charbon, le réactif de Lloyd, l'ultrafiltration.

La technique que nous avons employée est la suivante : Environ 100^{cm^3} d'urine filtrée et légèrement acide sont placés dans un tube de verre vertical d'environ 35^{mm} de diamètre et 60^{cm} de haut; ce tube est formé de trois sections séparables; le fond est obstrué par une bougie poreuse (L_1), à travers laquelle passe un courant d'azote, sous une pression voisine de 1^{atm}. Les bulles dégagées forment rapidement une mousse qui remplit, dans la plupart des cas, presque toute la hauteur du tube, la pression étant réglée pour que la colonne de mousse se maintienne en équilibre pendant la durée de l'expérience. Après un temps variant de 15 à 45 minutes, on prélève la portion supérieure de la mousse, elle forme quelques centimètres cubes de liquide, et ce liquide déjà concentré est porté dans un appareil semblable mais plus petit, il est traité de nouveau dans les mêmes conditions. On obtient finalement à partir de la quantité primitive, environ 1^{cm^3} de liquide trouble, non concentré en pigment, mais qui contient une grande partie de l'activité gonadotrope initiale; une part importante de cette activité ne paraît pas fixée sur les matières en suspension.

Les dosages ont été effectués dans l'urine initiale, dans l'urine résiduelle après moussage, et dans les diverses portions de mousse lors de la première et de la deuxième opération de moussage. Une soixantaine de lapines impubères pesant environ 1500^{g} ont été sacrifiées pour ces dosages dans cinq expériences différentes, de sens constant.

Voici les résultats détaillés d'une des séries expérimentales (grossesses de 3 et 4 mois; 250^{cm^3} d'urines initiales à pH 5,5-6; temps de moussage, 15 minutes par opération; dosage par injection intraveineuse) :

Urines initiales, 2^{cm^3}; 7 follicules hémorragiques sur les 2 ovaires; 1^{cm^3}, seuil de la réaction, 1 à 2 follicules hémorragiques sur les 2 ovaires suivant les animaux.

Urines résiduelles du 1er moussage (220^{cm^3}), 10^{cm^3}, réaction nulle; 20^{cm^3}, réaction nulle.

Urines résiduelles du 2e moussage (18^{cm^3}), 5^{cm^3}: nombreux follicules hémorragiques; 1^{cm^3}, seuil de la réaction, 1 follicule hémorragique.

Moitié inférieure de la mousse du 2e moussage (8^{cm^3} de liquide), $0^{cm^3},25$, réaction un peu plus forte que celle donnée par 2^{cm^3} d'urine initiale; $0^{cm^3},1$, absence de follicule hémorragique, distension légère des follicules.

Moitié supérieure de la mousse du 2e moussage ($3^{cm^3},5$ de liquide), $0^{cm^3},1$, réaction plus forte que celle donnée par 2^{cm^3} d'urine initiale; $0^{cm^3},05$, absence de follicule hémorragique, légère distension des follicules.

Conclusions. — On constate que les urines résiduelles du 1er moussage

ont été pratiquement débarrassées de la totalité des produits gonadotropes. Ce résultat est constant dans toutes nos expériences.

Dans la limite de la précision des dosages biologiques, il semble que la plus grande partie de l'activité se retrouve dans la mousse.

L'efficacité du 2e moussage paraît inférieure à celle du premier en raison de la concentration beaucoup plus grande des produits à extraire. Il est probable qu'une modification de la technique permettrait d'améliorer ce second temps de l'opération.

BIOLOGIE. — *Nouvelle méthode de séparation et de fractionnement par essorage de mousses.* Note de M. **Marcel Abribat**, présentée par M. Justin Jolly.

Il est connu depuis longtemps que des constituants de certaines solutions sont entraînables par les mousses que ces solutions peuvent produire. La nouvelle méthode de séparation physique que l'on va succinctement décrire diffère des procédés déjà employés, car elle est basée sur les actions d'*essorage* que certaines mousses peuvent subir, notamment sous l'action de la pesanteur. L'utilisation convenable de ce phénomène d'essorage permet d'obtenir des rendements très élevés, tant pour des séparations dont quelques-unes sont impossibles par l'emploi des procédés connus, que pour des fractionnements multiples.

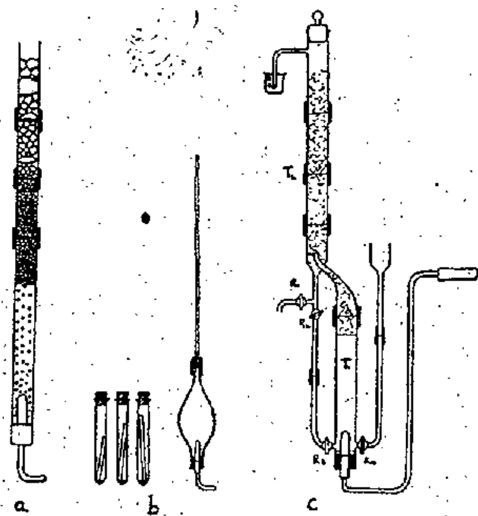
L'enrichissement des mousses par essorage est dû aux différences qui existent entre les vitesses d'écoulement des régions interfacielles (liquide-gaz) et celles du liquide contenu dans les compartiments capillaires compris entre ces interfaces (cloisons séparant les bulles entre elles). Ces différences de vitesses sont la conséquence d'une rigidité particulière ou d'une grande viscosité (vraie ou anomale) des films interfaciels d'adsorption. C'est la plus ou moins grande rigidité de ces films qui détermine la séparation de plusieurs constituants en différentes fractions et non pas exclusivement les tensio-activités respectives des substances entraînées dans la mousse.

Conduite du moussage. — Il ne faut donc pas prélever la mousse aussitôt après sa formation; bien au contraire, il est nécessaire de lui laisser le temps de s'*essorer aussi complètement que possible*. Le liquide appauvri, provenant de cet essorage, retourne, en traversant les régions inférieures de la colonne de mousse, dans la solution à travers

laquelle on continue à faire passer un courant gazeux divisé en bulles aussi petites qu'on peut les produire. Si les dimensions et les proportions de l'appareil utilisé, ainsi que la conduite du moussage, sont *telles que la mousse ne puisse s'échapper du récipient*, lequel peut être un simple tube assez haut, on atteint plus ou moins rapidement une sorte d'*équilibre dynamique* : l'effondrement des bulles est compensé par l'apport, de bas en haut, de mousse nouvelle provenant du liquide en cours d'épuisement. Ce n'est que lorsque cet équilibre est atteint qu'il faut, tout en continuant le soufflage à travers le liquide, prélever les parties supérieures, les plus rigides, de la colonne de mousse.

Dès cet instant, il se peut que le liquide ait déjà perdu tous ses constituants entraînables; dans ce cas, il ne mousse plus. S'il n'en est pas ainsi, on continue le moussage en augmentant considérablement le débit gazeux jusqu'à l'obtention d'un nouvel équilibre. On répète cette opération aussi longtemps qu'il le faut pour épuiser complètement la solution en produits entraînables. Ce stade peut être atteint en une seule opération quand l'appareil est de dimensions convenables et quand le moussage est bien conduit.

Appareils. — Les appareils servant aux fractionnements par essorage de mousses peuvent être de formes très diverses. Celles-ci doivent être adaptées à chaque cas particulier et varient suivant le « pouvoir moussant » des solutions à traiter, la viscosité de ces solutions et la vitesse d'essorage des mousses qu'elles produisent. Un simple tube vertical, de hauteur et de section convenables, tel que celui présenté en *a* sur la figure, obturé à son extrémité inférieure par un bouchon traversé par une bougie en porcelaine poreuse (bougie Chamberland de porosité L_1 par exemple), convient dans un très grand nombre de cas. La bougie est connectée à un compresseur ou à une



bouteille contenant un gaz sous pression (azote, par exemple). Cette bougie peut d'ailleurs être remplacée par un diaphragme en verre fritté, ou même par une batterie de tubes capillaires. La solution à traiter n'occupe que le fond du tube dont la partie supérieure, réservée à la mousse, est sectionnée à l'avance en un certain nombre d'éléments, variable à volonté, qui, par enlèvements successifs, permettent un prélèvement commode des différentes fractions de mousse à la fin de l'expérience.

Lorsque le liquide à traiter ne peut fournir que très peu de mousse, c'est un appareil semblable à celui présenté en *b* qu'il convient d'employer.

Enfin un appareil du type *c* peut permettre des moussages en continu. Le liquide provenant de l'essorage de la mousse dans la seconde partie T_2 de l'appareil (essoreur) peut être renvoyé, soit dans la première partie T_1 de celui-ci (mousseur), soit dans le mousseur d'un appareil similaire.

Applications. — La méthode qui vient d'être succinctement décrite a déjà été appliquée avec succès à la séparation et au fractionnement de diverses protéines, des substances protéidiques, lipoïdiques et lipo-protéidiques du sérum sanguin et de divers plasmas, d'enzymes, de virus *filtrants*, de vitamines, d'hormones. Des sols de métaux colloïdaux peuvent aussi être complètement épuisés sans coagulation des fractions recueillies et le fractionnement de mélanges de certains colorants s'effectue avec la plus grande facilité.

Il est en outre possible, par une sorte de micro-flotation sur des films, superficiels convenables, par exemple des films de protéides ou des films de lipides, d'entraîner complètement par moussage-essorage des microorganismes de tailles diverses, depuis les très grosses levures (*Saccharomyces*), jusqu'à des bactéries ou des spores très difficilement filtrables.

Les applications de la méthode qui vient d'être décrite, ainsi que des considérations théoriques s'y rapportant, feront l'objet de Mémoires séparés plus détaillés.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Modifications de la forme et du squelette des larves d'Échinodermes sous l'influence des colorants vitaux.* Note de M. **Georges Bohn** et Mme **Anna Drzewina**, transmise par M. Charles Pérez.

Nous avons montré (¹) qu'en plongeant pendant quelques minutes une mince et étroite lanière d'argent dans un tube contenant une culture d'Oursin, on obtient des larves privées de squelette calcaire, *larves à l'argent*, alors qu'au contraire les *larves à l'étain* sont hypercalcifiées. Nous nous sommes demandé s'il ne serait pas possible de modifier par des colorants vitaux, porteurs de charges électriques comme les métaux, la forme et le squelette des pluteus.

Les travaux sur les colorants vitaux sont extrêmement nombreux; on

(¹) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1658 et **193**, 1931, p. 491; *Archives de Zoologie expérimentale*, 75, 1933, p. 293.

s'en est servi pour l'étude de la morphologie et de la physiologie de la cellule; les physiciens ont recherché leur pouvoir de diffusion etc. Mais on n'a guère songé qu'ils pussent avoir un effet morphogène. C'est cependant celui-ci que nous avons pu mettre en évidence dans des recherches récentes effectuées au laboratoire de Roscoff.

Nous avons commencé par éliminer les colorants dont l'action toxique empêche à plus ou moins brève échéance la survie de l'organisme traité (bleu de méthylène, rouge neutre...). Comme il ne nous importait nullement de colorer nos larves, nous nous sommes adressés au bleu de méthyle, qui n'est pas du tout toxique et qui, au contact des tissus, se décolore; il n'en pénètre pas moins, comme le prouvent ses effets.

En traitant avec le bleu de méthyle, au 50000e, de jeunes gastrulas de *Strongylocentrotus lividus*, on obtient, dans la proportion de 100 %, des pluteus d'un aspect caractéristique. La région aborale du corps, au lieu de s'allonger en pointe, reste très réduite, arrondie; les bras latéraux sont souvent déjetés vers l'arrière, et n'atteignent jamais d'ailleurs la longueur des bras des témoins. Le tube digestif par contre évolue de façon normale; il est même à remarquer que les contractions de l'œsophage sont plus énergiques et se suivent à un rythme environ deux fois plus rapide que chez les témoins. Les larves, dans la solution de bleu de méthyle, survivent au moins aussi longtemps que les larves témoins et nagent activement.

Mais le fait le plus frappant est l'action du colorant sur la calcification. On observe d'abord une inhibition de celle-ci, un retard sensible par rapport aux témoins. Au moment où ces derniers ont déjà les longs spicules de soutien du corps et des bras, le squelette des larves traitées est réduit à un seul, ou à 2 nodules symétriques (quelquefois 3 ou 4), de forme souvent bizarre. Mais, dès le lendemain, on assiste à une calcification intense, caractérisée surtout par la grosseur du nodule central, d'où partent des ramures plus ou moins nombreuses et épaisses, diversement orientées. L'asymétrie du squelette est fréquente : non seulement les spicules des deux côtés du corps ne se ressemblent ni comme forme, ni comme dimensions, mais assez souvent un seul côté du corps en est pourvu.

Nous avons essayé des taux variés de bleu de méthyle; aux environs du 10000e, la calcification est totalement inhibée; au delà du 100000e, l'effet du colorant est nul.

Le fait sur lequel nous insistons est que cette déviation de l'évolution normale ne se produit qu'à la gastrulation. Que le traitement soit appliqué à des œufs venant d'être fécondés, ou à des morulas, ou à des blastulas, le

développement a l'allure normale et est synchrone de celui des témoins jusqu'au stade gastrula. Mais, au moment où les bras s'amorcent, il se produit une sorte de flexion. L'écart de la normale apparaît et s'accentue de plus en plus. Si l'on traite des pluteus à squelette déjà formé, on n'arrive plus à obtenir un écart sensible.

Nous avons employé, en outre du bleu de méthyle, deux autres colorants du même groupe : la fuchsine S et le vert lumière (tous trois marque Grübler), colorants *acides* dérivés du triphénylméthane, qui, dans l'organisme, donnent des carbinols incolores. La fuchsine acide, même à des doses élevées, du 7000e au 15000e, ne modifie guère la forme ni le squelette de la larve, mais elle a une action élective sur le tube digestif, dont l'évolution est anormale, surtout celle de la portion proximale.

Mais c'est avec le vert lumière que nous avons obtenu des résultats particulièrement intéressants, chez les larves de *Strongylocentrotus* et d'*Echinocardium*.

PHYSICOCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude chimique et spectrographique de la fluorescence des venins de serpents*. Note de M. **Georges Brooks**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Les venins de Vipère et de Cobra sont ordinairement d'un jaune ambré plus ou moins foncé, selon la saison, à l'exception du venin blanc des Vipères du Gers signalé par E. Césari, J. Bauche et P. Boquet (1) et plus récemment par Mme Phisalix (2). A ma connaissance, l'étude chimique et spectrographique de la fluorescence de ces venins n'a pas encore été l'objet de recherches. Lorsqu'on les examine étalés sur lame U.V. au microfluoroscope de Reichert, on constate une fluorescence bleuâtre très intense, teintée parfois de jaune d'or pour le venin de Vipère. En solution dans l'eau bidistillée, ils sont d'une fluorescence jaune verdâtre moyenne en rapport avec la concentration de l'ordre de 3mg par centimètre cube. Cette teinte ne tarde pas à virer légèrement au bleu après cinq heures d'irradiations successives par la raie 3650 de Hg filtrée et concentrée par une lentille cylindrique en quartz. Ce bleu s'intensifie en milieu physiologique. Les spectres de fluorescence déterminés parallèlement à ce moment-là sont fortement modifiés.

(1) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 683.
(2) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1252.

Le changement caractéristique de couleur et de spectres de fluorescence révèle la présence probable des flavines ou de leurs dérivés. En effet, la solution aqueuse de venin de Vipère ou de Cobra, de fluorescence jaune verdâtre, additionnée d'une ou deux gouttes d'hydrosulfite de sodium à 2 %, perd momentanément sa fluorescence, qui reparaît en présence d'oxygène ou encore par simple agitation prolongée à l'air. La photolyse en milieu physiologique provoque la formation d'un corps soluble dans $CHCl^3$ et qui présente une fluorescence bleu ciel. La réductibilité réversible et la photolyse apparentent la substance fluorescente du venin aux flavines de synthèse.

Notons que, dans le venin de cobra, la flavine existe en grande partie sous forme de flavoprotéide (ferment jaune). Ce fait s'observe facilement par dialyse à froid lorsqu'on dissocie le support protéidique par action de CH^3COOH à 50 % ou de HCl 0,02*n*; on peut aussi réaliser cette dissociation par $H—CH^2OH$ à l'étuve à 40°. Dans le venin de Vipère la flavine existe presque à l'état libre et aisément dialysable. La teneur respective des deux venins en flavine, isolée par adsorption microchromatographique sur Al^2O^3 et dosée par le photomètre de Pulfrich (3), est de

Échantillons de venins.	Provenance.	Couleur naturelle.	γ flavine par gr. de mat. sèche.
1 *Vipera Aspis*.....	M. Phisalix.	Jaune ambré	52
2 »	E. Césari.	»	44
3 *Naja Trip*.......	Indochine (*)	Jaune clair	37

(*) Récolté selon mes indications grâce à l'obligeance de M. Vudo-Thin.

L'étude spectrographique de fluorescence (4) de la flavine soigneusement séparée comme précédemment montre les bandes caractéristiques connues dont le maximum d'émission va de λ 562 à λ 564. Quant à la détermination spectrographique de la fluorescence globale des différents venins pris en solution ou à l'état sec, on obtient des bandes continues à côté de petites bandes étroites s'étalant vers les grandes longueurs d'onde. L'apparition de ces bandes est probablement due à des photodérivés de la flavine. Les courbes microphotométriques (5) enregistrées ont toutes la même allure et sont caractérisées par les axes suivants :

(3) GEORGES BROOKS et ROBERT PAULAIS, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 833.

(4) GEORGES BROOKS, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1465; *Bull. Soc. Chim. biol.* 20, 1, 1938, p. 498.

(5) On trouvera les détails et les courbes microphotométriques dans un prochain Mémoire.

Excitation Hg 365. Pose 15^m.

Échantillons de venins secs (**) porphyrisés	Couleur de la fluorescence.	Axes des bandes λ (mμ) petites	continues.
1..........	Jaunâtre très intense	538-519	446-438-431-423
2..........	Jaunâtre assez intense	538	416-410-404
3..........	Bleuâtre très intense	555-538	465-455-446

En solution aqueuse. Pose 45^m.

1..........	Jaune verdâtre intense	550	460-452
2..........	» moyen	550	443-434
3..........	Jaune lavé	566	460-452

(**) Voir ci-dessus.

En résumé l'étude de la fluorescence des venins de serpents conduit à révéler pour la première fois l'existence dans ces venins de flavines libres et de flavines liées à la molécule protéidique. Le rôle de ces substances ne doit pas être négligeable dans la fonction physiologique des glandes venimeuses. Des recherches en cours permettront de voir s'il existe des relations entre les flavines et certaines propriétés de divers venins déjà signalées par les travaux classiques de C. Phisalix et G. Bertrand.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action des sels de potassium d'acides gras bibasiques sur la phagocytose in vitro.* Note de M. **Norbert Fethke**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

J'ai montré (1) qu'on peut diviser les sels de potassium des acides gras monobasiques en trois groupes quand on envisage leur action sur les leucocytes. Poursuivant cette étude, je me propose d'exposer dans cette Note comment agissent, sur le processus phagocytaire, les sels d'acides gras bibasiques pour les différents termes de la série homologue jusqu'à C_{20}.

La technique était celle de Hamburger, sur laquelle j'ai donné quelques précisions dans la Note précédente. Pour les termes supérieurs des acides il a été nécessaire, pour obtenir les savons correspondants, de neutraliser par la potasse alcoolique une solution de ces acides dans l'alcool

(1) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1054.

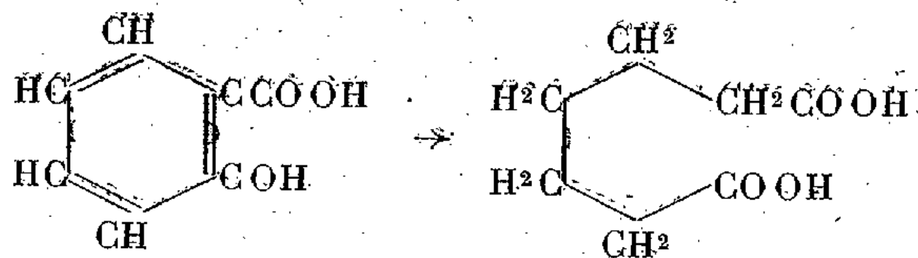
méthylique. Ces savons ont été ensuite purifiés par cristallisation, desséchés et dissous dans l'eau.

$$\text{Degré de phagocytose } ({}^{2}) = \frac{\text{leucocytes chargés d'amidon}}{\text{leucocytes totaux}} \times 100.$$

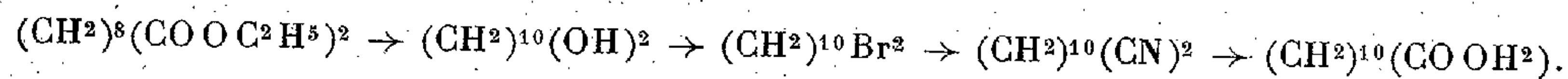
Sels ou savons de potassium de l'acide		Dilution 1/2000.	Dilution 1/10 000.	Dilution 1/50 000.	Témoin.
		%	%		%
oxalique	C_2	13,4	36,3	–	38,4
malonique	C_3	37,4	–	–	38,4
succinique	C_4	36,2	–	–	38,4
glutarique	C_5	35,0	–	–	38,4
adipique	C_6	38,2	–	–	38,4
pimélique (³)	C_7	38,9	–	–	38,4
subérique	C_8	35,2	–	–	34,1
azélaïque	C_9	33,9	–	–	34,1
sébacique	C_{10}	32,7	–	–	34,1
décanedicarbonique (³)	C_{12}	36,5	–	–	34,1
brassylique	C_{13}	1	49,7	–	51,8
dodécanedicarbonique	C_{14}	1	39,6	–	51,8
thapsique	C_{16}	–	3	45,6%	51,8
hexadécanedicarbonique	C_{18}	–	Pas de phagocytose; agglomération des leucocyles		51,8
octadécanedicarbonique	C_{20}	–	Pas de phagocytose; agglomération des leucocyles		51,8

(²) Il s'agit de leucocytes de cheval mis en présence de grains d'amidon de riz en solution isotonique tamponnée à pH 7,3.

(³) J'ai préparé moi-même *l'acide pimélique* à partir de l'acide salicylique par hydrogénation et rupture de l'anneau benzénique



De même j'ai fait la synthèse de *l'acide décanedicarbonique* par réduction du diester sébacique en suivant la technique de Bouveault et Blanc; transformation du dialcool obtenu en bromure avec HBr dans un tube scellé, transformation en binitril avec du cyanure de K et saponification en un biacide comprenant finalement 2 atomes de C de plus que l'acide d'origine



Si l'on examine le tableau ci-dessus on peut conclure que, à part l'oxalate dont la toxicité est bien connue, les homologues de la série, à partir du malonate jusqu'au sel de l'acide en C_{12}, ne paraissent pas avoir, aux concentrations indiquées, d'action prononcée sur l'activité phagocytaire des leucocytes. A partir du brassylate une toxicité assez forte commence à se manifester; cette toxicité va en augmentant au fur et à mesure qu'on s'élève dans la série homologue et aboutit à une inhibition complète de la phagocytose à la dilution $1/50000^e$ avec le savon en C_{18}. Contrairement à ce que j'ai observé avec certains sels des acides monobasiques, aucun des sels des acides bibasiques n'a pu provoquer une activation de la phagocytose. Ce phénomène n'a pu être constaté bien que j'aie utilisé ces sels à des concentrations différentes.

Pour expliquer les phénomènes observés il semble bien qu'on doive faire appel aux caractères physiques des solutions étudiées. Possédant deux groupements hydrophiles, les acides bibasiques jusqu'au terme en C_9 sont très solubles dans l'eau et leurs sels donnent des solutions vraies. Leur action sur la tension superficielle ou interfaciale est faible; elle ne devient notable qu'à partir du terme en C_{12} qui donne une solution colloïdale et commence à manifester une toxicité se superposant à l'effet favorable que l'abaissement de la tension superficielle pourrait exercer sur la phagocytose.

On peut comparer un acide monobasique à l'acide bibasique ayant un nombre double d'atomes de carbone; ces deux acides présentent, du point de vue physico-chimique, un certain nombre de points communs qui pourraient laisser prévoir une action semblable des sels de ces deux acides sur les leucocytes. Pour expliquer la différence observée on peut alors invoquer le rôle probablement joué dans la phagocytose par la masse moléculaire de la substance. On pourrait encore penser que la structure de l'acide bibasique telle qu'elle résulterait des conceptions de Langmuir conduit à la formation de couches orientées présentant une surface plus grande que celles formées par les sels des acides monobasiques; ces couches ainsi constituées empêcheraient l'englobement à des dilutions plus fortes.

D'autres études me permettront peut-être de pénétrer plus loin dans le mécanisme de l'action des sels des acides bibasiques.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Effet de protection de la cozymase sur les groupements sulfhydrilés des déshydrases.* Note de M. **Louis Rapkine**, Mme **Sarah M. Rapkine** et M. **Pavle Trpinac**, présentée par M. Maurice Javillier.

La déshydrase de l'aldéhyde glycérophosphorique ainsi que celle de l'aldéhyde glycérique n'agissent qu'en présence de la cozymase ([1]). D'autre part, il a été établi que l'activité de ces deux déshydrases dépend de l'intégrité de leurs groupements sulfhydrilés ([2]). L'oxydation, ou la combinaison de ces groupements avec un métal, entraîne l'inactivation de la diastase; une réduction ou une élimination de métal restaure l'activité primitive.

Dans un travail sur la triosephosphate-déshydrase ([3]) l'un de nous a constaté que l'oxydation des groupes —SH de la diastase par le glutathion oxydé s'effectue beaucoup plus rapidement si la diastase est séparée de sa codiastase (cozymase). La codiastase semble se comporter comme un *protecteur* des groupements —SH vis-à-vis de l'oxydant. Il nous a semblé important d'établir nettement l'existence de ce rôle protecteur.

Les solutions diastasiques que nous préparons selon des méthodes décrites antérieurement ([4]) renferment la cozymase. En traitant ces solutions par du charbon actif (Merck *médicinal*), on peut l'adsorber aisément; la diastase ainsi inactivée est réactivée si l'on ajoute de la cozymase. Nous pouvons ainsi comparer l'oxydabilité des groupes —SH de solutions diastasiques normales et de solutions diastasiques privées de cozymase.

Nos expériences portent sur la triosephosphate-déshydrase et celle de l'aldéhyde glycérique, et leur activité est suivie par la méthode manométrique décrite dans une publication antérieure ([5]). Les oxydants employés sont le glutathion oxydé et l'alloxane.

([1]) O. Meyerhof et P. Ohlmeyer, *Naturwissenchaften*, **24**, 1936, p. 741; D. E. Green, D. M. Needham et J. G. Dewan, *Biochem. J.*, 31, 1937, p. 2327.

([2]) L. Rapkine, *Biochem. J.*, **32**, 1938, p. 1729; L. Rapkine et P. Trpinac, *C. R. Soc. Biol.*, **130**, 1939, p. 1516; Trpinac, *ibid.*, **131**, 1939, p. 24.

([3]) L. Rapkine, *loc. cit.* ([2]).

([4]) D. E. Green, D. M. Needham et J. G. Dewan, *loc. cit.* ([1]).

([5]) L. Rapkine et P. Trpinac, *loc. cit.* ([2]).

Si l'on oxyde par le glutathion oxydé M/50 pendant 5 heures à 30° une solution de triosephosphate-déshydrase contenant de la cozymase, on note une perte d'activité de 50 %, tandis que, dans les mêmes conditions, la solution de triosephosphate-déshydrase privée de cozymase perd 83 % de son activité. Nous avons obtenu la même perte d'activité en traitant soit l'ensemble diastase-codiastase durant 4 heures par du glutathion oxydé M/50, soit la diastase seule durant 40 minutes par du glutathion oxydé M/150. Ces résultats prouvent que la cozymase protège les groupements —SH de la déshydrase vis-à-vis de l'oxydant.

Nous avons confirmé ce fait dans une autre série d'expériences : la solution diastasique est d'abord privée de coenzyme par adsorption, puis divisée en deux parties, A et B. Dans A le système diastasique est reconstitué par l'addition de coenzyme pur. On ajoute alors à A et à B du glutathion oxydé M/50 ou M/100 et on laisse agir de 40 à 60 minutes à 30°. On compare alors l'activité des deux préparations diastasiques en ayant soin d'ajouter du coenzyme à B immédiatement avant la mesure. Invariablement, nous avons pu constater que l'abaissement de l'activité est moindre dans A.

En utilisant l'alloxane comme oxydant, les résultats sont tout à fait analogues.

Quant à la déshydrase de l'aldéhyde glycérique, sauf une plus grande labilité vis-à-vis des oxydants, elle se comporte en absence et en présence de sa codiastase comme la déshydrase du triosephosphate. Toutefois les différences d'oxydabilité des groupes — SH de la diastase en présence et en absence de cozymase sont beaucoup plus marquées.

Ainsi l'action d'une solution d'alloxane M/600 pendant 30 minutes à 30° inhibe totalement la déshydrase privée de son coenzyme, tandis que, dans les mêmes conditions, la déshydrase oxydée en présence de coenzyme conserve 70 % environ de son activité primitive.

L'ensemble de ces résultats montre que les diastases sont infiniment plus résistantes vis-à-vis des oxydants lorsqu'elles contiennent leurs coenzymes. Il est généralement admis que les diastases forment des combinaisons plus ou moins lâches avec leurs codiastases. Mais on ignore totalement par quels groupements de la diastase se fait cette union. L'effet protecteur de la cozymase sur les groupements — SH des déshydrases que nous venons de mettre en évidence permet de penser que le coenzyme se fixe plus ou moins solidement sur la diastase au voisinage des groupements — SH,

gênant ainsi l'accès des molécules oxydantes. Selon la solidité de la liaison diastase-codiastase, on pourrait avoir des ferments sensibles ou non à l'action des oxydants.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Le bilan carboné de la fermentation alcoolique et le rapport des produits finaux au sucre disparu pour quelques oses et holosides.* Note de M. **Raymond Guillemet**, présentée par M. Maurice Javillier.

Nous avons déjà montré ([1]) que, dans la fermentation en solution diluée (pH final compris entre 4 et 5), si l'on dose l'alcool, le gaz carbonique et éventuellement le glucose ou le maltose inattaqués, il manque au bilan plus de 15 % du sucre initial; nous avons vu d'autre part que la quantité de glycérine et l'augmentation passagère du poids de la levure expliquent à peine la moitié de ce déficit. On est donc obligé d'admettre l'existence d'autres substances carbonées dans la solution, et ceci dans une proportion qui n'avait pas été mise en évidence jusqu'ici.

Dans le but de démontrer ce fait d'une manière indiscutable, nous avons établi le bilan carboné total de la fermentation en adaptant à nos liquides le microdosage du carbone par voie humide selon Nicloux ([2]). Voici les résultats de deux de nos expériences, pris parmi une dizaine d'autres tout à fait semblables :

I. 500^{mg} de glucose anhydre, renfermant 200^{mg} de carbone, sont mis à fermenter au contact de 46^{mg} de levure Fala. On trouve après 19 heures :

		mg
CO^2 recueilli 193^{mg},5 renfermant en carbone		52,7
Alcool distillé 213^{mg},5 renfermant théoriquement 111^{mg},5 de carbone.		
Trouvé à l'expérience directe		111,0
Carbone dans la levure { avant fermentation 19,6 ; après fermentation 26,35 }	différence	6,75
Carbone du résidu de la distillation ([a])		29,8
	Total	200,25

([a]) Dont 5^{mg},46 correspondant à 13^{mg},6 de glucose inattaqué, ce qui conduit à une quantité de carbone égale à 24^{mg},34 (29,80 — 5,46) engagée dans des produits secondaires, soit 12,45 % de la quantité de glucose fermentée.

([1]) R. Guillemet et Mlle H. Leroux, *C. R. Soc. Biol.*, 125, 1937, p. 903; 128, 1938, p. 74.

([2]) M. Nicloux, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 9, 1927, p. 639, et *Annales de la Science agronomique*, 47, 1930, p. 384.

II. 500mg de maltose à 5,83 % d'eau, renfermant 198mg de carbone, sont mis à fermenter au contact de 46mg de levure Fala. On trouve après 85 heures :

		mg
CO^2 recueilli 197mg,2 renfermant en carbone		53,80
Alcool distillé 214mg,8 renfermant théoriquement 112mg de carbone.		
Trouvé à l'expérience directe		111,50
Carbone dans la levure { avant fermentation 19,6 ; après fermentation 26,45 }	différence	6,85
Carbone du résidu de la distillation ([b])		23,60
	Total	195,75

([b]) Dont 5mg,10 correspondant à 12mg,1 de maltose inattaqué, ce qui conduit à une quantité de carbone égale à 18mg,5 (23,6 — 5,1) engagée dans des produits secondaires, soit 9,6 % de la quantité de maltose fermentée.

Rappelons que nous n'avons jamais obtenu une quantité de glycérine correspondant à plus de 4 % du sucre disparu ([3]).

Le carbone étranger à la glycérine est expliqué en majeure partie dans une fermentation de maltose par la présence dans le liquide de glucides se transformant par hydrolyse acide en sucres réducteurs; ces substances ne peuvent être décelées qu'à l'état de traces dans une fermentation de glucose. Cette constatation peut être rapprochée de l'augmentation initiale de la quantité de sucres hydrolysables à l'intérieur des cellules de levure ([4]). Nous y voyons d'autre part une nouvelle différenciation entre la fermentation du maltose et celle du glucose.

Si l'on considère maintenant le rapport de l'alcool ou du gaz carbonique au glucose disparu, ce rapport est tellement constant (toujours *très voisin de* 40 %, avec les levures hautes industrielles, en solution sucrée de 0,5 °/₀₀ à 1 %) qu'une technique précise de détermination du glucose par action de la levure en anaérobiose (avec dosage du gaz carbonique ou de l'alcool) pourrait être étudiée avec des chances de succès.

Mais, lorsqu'on passe aux hydrates de carbone de poids moléculaire plus élevé ([5]), il n'en est plus ainsi, comme on le verra plus loin. Alors que le glycogène est très lentement hydrolysé par nos levures, c'est seulement après adjonction d'activateurs (eau de levure chauffée) que l'on parvient à faire fermenter l'inuline, sans apparence d'hydrolyse préalable : le phénomène singulier que nous avons mis en évidence avec Mlle H. Leroux ([6])

([3]) R. Guillemet et Mlle H. Leroux, *loc. cit.*

([4]) R. Willstätter et M. Rhodewald, *Ztschr. f. physiol. Chem.*, 247, 1937, p. 269.

([5]) Consulter à ce sujet R. Guillemet, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1517.

([6]) *Thèse de Doctorat en Pharmacie*, Strasbourg, 1938.

consiste d'abord en une fermentation très lente des glucides de l'eau de levure avec tendance à la décarboxylation des aminoacides. Puis l'attaque de l'inuline se déclenche, s'accélère, mais se ralentit bientôt et s'arrête, alors qu'il reste encore de l'inuline non attaquée, sans qu'on puisse attribuer cet arrêt prématuré à l'accumulation de l'alcool ou à la perte du pouvoir fermentatif de la levure; nous insisterons ailleurs sur les hypothèses que l'on peut émettre concernant les substances susceptibles de déclencher l'attaque de l'inuline et leurs rapports avec les activateurs de la fermentation. Le rapport de l'alcool au total du sucre hydrolysable disparu de la solution est faible : il est inférieur à 20 % au début de la fermentation. La disparition apparente de l'inuline ne permet donc pas de conclure à l'apparition d'une quantité d'alcool de l'ordre de celle qu'on recueille dans la fermentation du glucose. Ces résultats confirment l'hypothèse que nous avions émise ([7]) pour ce qui est de la formation *incertaine* d'alcool et de gaz carbonique aux dépens de glucides très difficilement fermentescibles, comme c'est le cas pour la lévosine dans la pâte boulangère.

L'étude des diverses formes sous lesquelles l'inuline non fermentée peut se trouver dans le liquide final n'a pas encore abouti à des résultats précis.

MORPHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la mise en évidence du potassium, du rubidium et du césium dans les caillots de collagène longuement lavés.* Note ([1]) de Mlle **Louise Guyon** et M. **Vasile D. Marza**, présentée par M. Émile Roubaud.

J. Nageotte a montré, depuis 1927, qu'il existe dans la fibrille tendineuse une protéine collagène soluble dans l'eau distillée faiblement acidifiée; cette protéine est capable de reprendre une forme fibrillaire semblable à celle de sa fibrille originaire, si l'on ajoute une proportion convenable de sel neutre à sa solution acide, laquelle prend au contraire en gelée homogène, comme une solution de gélatine, si on la désacidifie simplement par dialyse contre l'eau distillée renouvelée; dans cet état de gelée, elle peut encore former des fibrilles sous l'action d'un sel, mais

([7]) R. Guillemet et C. Schell, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 18, 1936, p. 1132.

([1]) Séance du 17 juillet 1939.

seulement si elle a été au préalable réacidifiée suffisamment pour mobiliser ses molécules au sein d'une gelée encore apparemment solide ([2]).

Il s'agissait de savoir si le sel agit comme simple agent physique ou s'il forme avec la protéine une combinaison organométallique, ce qui est plus probable. Dans ce cas l'anion du sel pourrait, comme le cation, entrer dans la combinaison, mais nous n'étudierons ici que le métal.

Toutes les observations faites par l'un de nous ([3]), en particulier la persistance des fibrilles dans un caillot de collagène mis à dialyser en sac de collodion, pendant plusieurs semaines, contre de l'eau distillée, renouvelée chaque jour, pourvu que cette eau soit vraiment neutre, leur altération, puis leur disparition progressive, si l'eau de dialyse est faiblement acide, nous avaient convaincus que l'existence des fibrilles était liée à la présence du sel neutre. Mais la preuve du bien-fondé de cette conviction n'avait pas encore pu être donnée. La méthode de détection histochimique du potassium, élaborée par l'un de nous ([4]), nous permet d'apporter cette preuve.

Des solutions de collagène sont préparées, avec les tendons de la queue du rat, dans l'eau acétifiée à 1 pour 25000, ou avec les tendons de la patte postérieure du lapin, dans H Cl dilué à N : 500. Après filtration, les solutions sont réparties dans des sacs de collodion et ces sacs immergés pendant 48 heures dans des solutions de NaCl 2 %, K Cl 3 %, RbCl 4 %, Cs Cl 6 %, où les caillots fibrillaires se forment; les sacs sont lavés pendant 15 jours dans de l'eau bidistillée neutre renouvelée chaque jour. Après le 15e lavage, ces sacs sont ouverts; dans tous, un flocon est examiné à l'ultra-microscope pour vérifier l'état des fibrilles qui sont absolument intactes. Les caillots sont alors rassemblés, métal par métal, par ultrafiltration, et fixés au frigidaire dans l'alcool absolu froid. Inclusion à la paraffine. Coupes de 10 ou de 20$^{\mu}$, collées sur lame à l'eau albumineuse ou à l'eau gélatinée. Dissolution de la paraffine par plusieurs bains de xylol, puis passage rapide à l'alcool et à l'eau distillée ou, au contraire, lavages à l'alcool à 50° ou à l'eau distillée, renouvelés 5 fois, pendant 45 minutes. Les lames sont alors placées dans une solution du taux de 13^{g} de cobalto-nitrite de Na pour 35$^{cm^3}$ d'eau, pendant 2 heures; après lavage dans 5 à 6 bains d'alcool à 50°, échelonnés sur 30 minutes, elles sont mises de 5 à 10 minutes dans une solution aqueuse fraîchement préparée de sulfure d'ammonium à 5 %, où la coloration se développe rapidement, si la réaction est positive; elles sont alors lavées dans plusieurs eaux distillées, déshydratées et montées dans le baume *neutre* indispensable à leur bonne conservation.

([2]) J. Nageotte et L. Guyon, *C. R. Ass. des Anat.*, XXIXe réunion, 1934, p. 408.
([3]) L. Guyon, *ibid.*, XXXe réunion, 1935, p. 250.
([4]) V. D. Marza et L. Chiosa, *C. R. Soc. Biol.*, **117**, 1934, p. 524.

Dans ces conditions, la réaction est nettement positive pour les coupes de caillots préparés avec KCl, RbCl, CsCl, qu'elles aient été peu ou longuement lavées avant le bain de cobalto-nitrite de Na, et absolument négative pour les coupes du caillot témoin fait avec NaCl : les coupes sont brunes dans le premier cas, absolument invisibles sur la lame dans le second cas. Au microscope, la coloration au sulfure de cobalt dessine les fibrilles rassemblées des caillots faits avec K, Rb, Cs, alors que la coupe du caillot fait avec Na ne devient discernable que par réfringence.

Les résultats que nous rapportons ici ont l'intérêt d'être obtenus en présence de sels purs, bien définis et isolés ; ils autorisent à se fier aux mêmes résultats, lorsque la méthode est appliquée à l'étude des tissus où d'autres sels peuvent coexister avec ceux du potassium. Mais, dans le cas particulier des caillots de collagène lavés à l'eau distillée neutre renouvelée 15 fois en 15 jours, la mise en évidence du potassium, du rubidium et du césium dans le corps même des fibrilles, la persistance de ces métaux dans des conditions que l'histochimiste jugerait sévères, nous semblent apporter la preuve d'une solide liaison dans la fibrille de collagène entre les métaux monovalents et la protéine. Quelle est la nature de cette liaison ? Adsorption ? Combinaison ? Pour essayer d'élucider cette question, nous nous proposons de rechercher le chlore dans de semblables caillots, pareillement lavés. Ajoutons encore que les examens des coupes au micro-comparateur [5] nous indiquent une teneur en potassium voisine de 1 pour 33000, chiffre dont on ne saurait s'étonner, lorsqu'on pense à la grandeur qu'on attribue généralement aux molécules des protéines.

PHYSIOLOGIE MICROBIENNE. — *Consommation d'oxygène par un anaérobie strict*, Clostridium butyricum. Note de MM. **Eugène Aubel** et **Jacques Houget**, présentée par M. Maurice Javillier.

Ayant pu observer dans des conditions bien déterminées une absorption d'oxygène par *Clostridium butyricum*, nous avons étudié ce phénomène, espérant y trouver des indications au sujet du mécanisme de l'action de l'oxygène sur les anaérobies stricts, mécanisme demeuré jusqu'ici très obscur.

---

[5] V. D. Marza et L. Chiosa, *Bull. d'Hist. appl.*, 12, 1935, p. 58.

Les cultures utilisées ne doivent pas être âgées de plus de 24 heures, elles sont faites en anaérobiose à 37° sur bouillon de pomme de terre renfermant par litre 2g,5 d'asparagine, 30g de glucose et 10g de peptone bactériologique spéciale Byla. On récolte les bactéries par centrifugation, on les lave une fois avec du chlorure de sodium à 9 ‰ et on les utilise remises en suspension dans une solution de tampon de phosphate M/15 de pH 6,9. La fixation d'oxygène par cette suspension a été suivie par la méthode manométrique de Warburg.

Les mesures ont été faites à 30° sur $2^{cm^3},6$ de suspension (renfermant 14^{mg} de bactéries sèches) auxquels on peut ajouter après équilibre thermique $0^{cm^3},2$ d'une solution de glucose. L'agitation doit être rapide pour éviter de se trouver en anaérobiose mitigée. Dans toutes les expériences témoins où les bactéries sont seulement en présence de tampon de phosphates, la fixation d'oxygène est pratiquement nulle. Au contraire, lorsque l'on ajoute du glucose, on a une fixation d'oxygène très importante et variant rapidement avec la concentration du glucose. Pour les quantités de bactéries employées, le maximum d'absorption d'oxygène correspond à une zone de concentrations en glucose allant de 0,5 % à 1 %. De part et d'autre de ces concentrations, la consommation d'oxygène décroît très rapidement. Aussi est-ce toujours dans des milieux à 0,5 % en glucose que nous avons expérimenté. Nous nous sommes efforcés de réaliser des conditions de culture et de mesures identiques, mais, malgré toutes les précautions prises, nous avons trouvé des consommations d'oxygène variant de 13^{cm^3} à $47^{cm^3},2$ par gramme de poids sec et heure avec une moyenne de $25^{cm^3},7$. Cette fixation d'oxygène s'accompagne d'un dégagement de gaz carbonique tel que le quotient CO^2/O^2 varie de 0,35 à 0,64. La fixation d'oxygène diminue avec le temps, mais reste encore importante après 2 heures et demie d'agitation, et les valeurs que nous indiquons plus haut ont été déterminées lors d'expériences d'environ 2 heures. D'ailleurs l'oxygène n'a pas sur les bactéries une action aussi nocive qu'on pourrait le craindre, puisque, après pulvérisation continue d'oxygène pur au travers de la suspension pendant 1 heure, nous observons encore, après adjonction de glucose, une fixation d'oxygène de $7^{cm^3},25$ par gr/sec et par heure. Si l'on ajoute le glucose avant le passage d'oxygène, son action nocive est encore diminuée.

Si l'appareil de Warburg contient de l'azote pur, au lieu d'air, nous constatons un dégagement rapide d'hydrogène qui garde la même valeur

si les bactéries ont été préalablement traitées par un courant violent d'oxygène.

Dans un grand nombre d'expériences nous avons simultanément déterminé la consommation d'oxygène dans l'air et le dégagement d'hydrogène dans l'azote. Comme en présence d'air nous ne constatons jamais de dégagement d'hydrogène, on pourrait penser que la consommation d'oxygène aboutit à une combustion pure et simple de l'hydrogène que l'on voit se libérer en anaérobiose. Mais l'étude du rapport (H^2 dégagé)/(O^2 absorbé) montre une variabilité telle (0,49 à 3,36) que l'on doit abandonner cette manière de voir. Le plus souvent (dans 11 expériences sur 14) ce rapport est nettement inférieur à 2; ce qui, à notre sens, indique que l'oxygène se fixe non seulement sur l'hydrogène libérable en anaérobiose, mais encore sur un ou plusieurs autres métabolites. Le dosage précis des produits de fermentation du glucose en anaérobiose et en aérobiose nous renseignera sur la différence du métabolisme aérobie et anaérobie; en tous cas, nous pouvons dès maintenant indiquer qu'il se forme de l'acide pyruvique dans les suspensions agitées en présence d'air. Ce fait montre que les premiers stades de la dégradation du glucose sont identiques en anaérobiose et en aérobiose. Comme la croissance des bactéries est impossible en présence d'air, nous croyons pouvoir émettre l'hypothèse que l'oxygène en se fixant sur certains métabolites (peut-être l'hydrogène mobilisé par certaines déshydrases) interdit les synthèses nécessaires à la croissance.

PATHOLOGIE COMPARÉE. — *Sur la fréquence des tumeurs dans les divers ordres de vertébrés à sang froid et leur rareté dans les espèces venimeuses.* Note de M. **Albert Peyron**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Les recherches poursuivies depuis 12 ans dans mon laboratoire établissent l'identité morphologique des tumeurs des Poissons avec celles des Mammifères; elles permettent d'autre part d'envisager une hypothèse intéressante au sujet de l'extrême rareté des tumeurs chez certains Reptiles et Amphibiens à fonction venimeuse.

1° *Poissons.* — On ne disposait pas jusqu'ici d'une étude d'ensemble précisant, dans une espèce déterminée, la fréquence respective des divers types néoplasiques. Cette question est actuellement résolue chez la Morue

pour laquelle j'ai pu réunir un matériel considérable. Sept campagnes successives sur les bancs de Terre-Neuve et du Groenland ont permis de recueillir 500 morues présentant des lésions diverses, dont 350 avec tumeurs, sur un total approximatif de 500000 animaux examinés, ce qui donne une proportion de 0,7 sur 1000. Ce taux est d'ailleurs inférieur à la réalité, car les tumeurs de petit volume, en particulier celles des viscères, échappent souvent à l'examen au moment du tri sommaire pratiqué sur le chalutier. Sur ce total, la fréquence des principales variétés est la suivante :

I.	Papillomes et épithéliomes de la peau ou d'un revêtement cutanéo-muqueux.	27
II.	Tumeurs d'origine conjonctive	80

La moitié sont des sarcomes fibroblastiques dont certains offrent une structure identique à celle des sarcomes infectieux des Oiseaux.

III.	Épithéliomes des parabranchies (type spécial)	40
IV.	Épithéliomes du rein	40
V.	Angiomes et angiosarcomes (endothéliomes sanguins)	17
VI.	Ganglioneuromes du sympathique	16
VII.	Rhabdomyomes	8
VIII.	Mélanomes	6

Ces dernières variétés (de IV à VIII) ont une fréquence beaucoup plus marquée que chez les Mammifères et l'Homme (de 4 à 20 fois plus suivant les cas).

2° *Reptiles.* — Chez la Vipère, l'autopsie de 4000 sujets ne m'a pas montré de tumeurs alors que l'existence de celles-ci est bien établie chez d'autres espèces (Couleuvre, Python, Lézard, Crocodile, Tortue).

3° *Amphibiens.* — J'ai examiné 3000 crapauds (*Bufo vulgaris*) sans observer une seule tumeur. Au contraire, chez la grenouille rousse (*Rana fusca*) Pirlot et Welsch [1] ont trouvé, sur 1800 animaux, 18 tumeurs soit 1 %. D'autre part, Lucke, aux États-Unis, a découvert un épithélioma du rein qui s'observe à l'état endémique [2] sur la grenouille léopard (*Rana pipiens*) dans l'état de Vermont et dont il a étudié plus de 600 cas. Cette tumeur, d'origine vraisemblablement infectieuse, a pu être reproduite expérimentalement ; elle est peut-être contagieuse car elle

(1) *Arch. Intern. de Méd. expérim.*, 9, 1934, p. 341.
(2) *J. of Exp. Med.*, 68, 1938, n° 4, p. 457.

frappe 7 % des animaux en captivité et 2 % seulement des animaux en liberté.

En résumé, ces statistiques établissent la fréquence relative des tumeurs chez la Grenouille et la Morue et leur absence jusqu'ici complète chez le Crapaud et la Vipère. On peut attribuer provisoirement à ces deux dernières espèces une immunité, tout au moins relative, vis-à-vis des tumeurs, susceptible d'être rapprochée de leur immunité anti-infectieuse très marquée. Cette immunité est peut-être consécutive à l'imprégnation du sang et des tissus par les substances venimeuses ou même éventuellement leurs anti-toxines. On pourrait ainsi étendre aux tumeurs la notion apportée par les études de G. Bertrand et C. Phisalix, sur le Crapaud (3) et sur la Vipère (4), d'après laquelle la fonction venimeuse est une fonction de protection interne. Toutefois il faut tenir compte des observations, d'ailleurs très rares, de tumeurs développées chez l'Anguille et la Couleuvre qui sont également des animaux à sang venimeux. Il y aura donc lieu de procéder, pour ces deux espèces, à des recherches statistiques de même ordre.

La séance est levée à 15h40m.

E. P.

---

(3) *Comptes rendus*, **116**, 1893, p. 1060; *Arch. Physiol.*, **17**, 5, 1893, p. 511.
(4) *Comptes rendus*, **117**, 1893, p. 1099; *Arch. Physiol.*, 6, 1894, p. 147.

ERRATA.

—

(Séance du 3 juillet 1939.)

Note de M. *Pierre Vernotte*, Intégration de l'équation de la convection naturelle :

Page 20, ligne 9 en remontant, *au lieu de* ....et à l'infini, que f' est nul à l'infini et vaut...., *lire* ....et uf, nul à l'infini, que u^2f' est nul à l'infini, et que f' vaut....; ligne 5 en remontant, *après* développements limités entiers, *ajouter* divisés par $(u-1)^i$; dernière ligne, les deux Σ sont étendues de zéro à l'infini.

Page 21, lignes 16, 17, 18, *après* approximation suffisante, *remplacer la fin du texte par* parce que, pour les petites valeurs de x, donc de u, f est de l'ordre de u. Il faut prendre α' et β' égaux tous deux à 1/2.

(Séance du 10 juillet 1939.)

Note de M. *Adrien-André Sanfourche*, Sur les phosphates basiques de glucinium et de zinc :

Page 108, ligne 13, *au lieu de*

P^2O^3, 3,11 GlO, 0,85 Na^2O, 3,5 H^2O ou $(PO^4)^2Gl^3$, 0,11 $Gl(OH)^2$, 1,70 Na^2O, 2,5 H^2O,

lire

P^2O^5, 3,11 GlO, 0,85 Na^2O, 3,5 H^2O ou $(PO^4)^2Gl^3$, 0,11 $Gl(OH)^2$, 1,70 NaOH, 2,5 H^2O.

Note de M. *Georges Petit*, Mécanisme de l'attaque sulfurique de la triméthylarsine et de quelques sels d'arsonium quarternaires :

Page 113, ligne 8, *au lieu de* $CH^2 + OH$ | CH^2OH, *lire* CH^2OH | CH^2OH

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 31 JUILLET 1939.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE BÉHAL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Gheorghe Bratu**, Professeur à l'Université de Cluj, et à M. **Élis Strömgren**, Directeur de l'Observatoire de Copenhague, qui assistent à la séance.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la théorie des particules de spin quelconque.* Note (1) de M. **Louis de Broglie**.

En vue d'arriver à une théorie du photon, nous avons développé (2) une Mécanique ondulatoire de la particule de spin 1 obtenue par la fusion de deux corpuscules de spin 1/2. Rien n'empêche de poursuivre dans cette voie et de chercher à obtenir la Mécanique ondulatoire d'une particule de spin $n/2$ en opérant la fusion de n corpuscules de spin 1/2. On peut aisément se rendre compte qu'on pourra donner à cette Mécanique une forme tensorielle si n est pair, mais que pour n impair il faudra employer des spineurs. Les théories ainsi obtenues semblent devoir être en bon accord avec les résultats récemment publiés par divers auteurs et notamment par M. Fierz (3). Nous allons nous contenter d'envisager ici le cas de la particule formée par la fusion de deux particules de spin 1.

---

(1) Séance du 29 juillet 1939.

(2) Voir *Nouvelles recherches sur la Lumière*, Paris, 1936.

(3) *Über die relativistische Theorie kräftefreier Teilchen mit beliebigem Spin*, Bâle, 1939.

Rappelons d'abord quelques résultats obtenus pour la particule de spin 1. L'état d'une telle particule est représenté par un quadrivecteur $\vec{A}$ du genre espace, un tenseur antisymétrique du second rang $\vec{\vec{F}}$, un pseudo-vecteur $\vec{\sigma}$, un invariant I_1 et un pseudo-invariant I_2. Comme les relations de la théorie permettent de déduire $\vec{\vec{F}}$ de $\vec{A}$ et $\vec{\sigma}$ de I_2 et comme I_1 se trouve être toujours nul, on peut finalement caractériser l'état de la particule par le vecteur $\vec{A}$ et l'invariant I_2. En considérant une onde plane monochromatique et en se plaçant dans le système propre de la particule (ce qui est toujours possible si la masse propre est différente de zéro), on voit que l'état de la particule dépend de 4 constantes arbitraires : les 3 composantes du vecteur $\vec{A}$ dans le système propre et l'invariant I_2. Si, suivant l'usage, on désigne par j le nombre quantique correspondant au spin total et par m le nombre quantique correspondant à la composante du spin dans une direction de référence, les 3 premières constantes arbitraires correspondent aux 3 hypothèses $j=1$, $m=-1, 0, 1$, la quatrième constante à l'hypothèse $j=0$, $m=0$, chacun de ces 4 états de spin étant unique. Si l'on pose nulle la valeur de I_2, on isole le cas $j=1$ et l'on peut représenter l'état de la particule par les seules grandeurs maxwelliennes $\vec{A}$ et $\vec{\vec{F}}$ (¹).

Considérons maintenant une particule formée par la fusion de 4 corpuscules de spin 1/2. Il existe 9 possibilités par les valeurs de j et de m, savoir : $j=2, m=-2, -1, 0, +1, +2; j=1, m=-1, 0, +1; j=0, m=0$. Le dénombrement des états de spin par des méthodes connues montrent que les 5 états correspondant à $j=2$ sont simples tandis que les 3 états correspondant à $j=1$ sont triples et que l'état correspondant à $j=0$ est double.

Ceci posé, la particule considérée peut être obtenue par la fusion de deux particule de spin 1, l'état de la première étant définie par les grandeurs $\overrightarrow{A^{(1)}}$ et $\overrightarrow{I_2^{(1)}}$ et celui de la seconde par les grandeurs $\overrightarrow{A^{(2)}}$ et $\overrightarrow{I_2^{(2)}}$. Il est alors visible que l'état de la particule considérée peut être représenté par un tenseur du second rang $\vec{\vec{A}}$ construit suivant le schéma $\overrightarrow{A^{(1)}} \times \overrightarrow{A^{(2)}}$, par deux pseudo-vecteurs $\overrightarrow{B_1}$ et $\overrightarrow{B_2}$ répondant respectivement aux 2 schémas

(¹) Cf. *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1697.

$\overrightarrow{A^{(1)}} \times \overrightarrow{\sigma^{(2)}}$ et $\overrightarrow{A^{(2)}} \times \overrightarrow{\sigma^{(1)}}$ et enfin par un vrai invariant I de schéma $I_2^{(1)} \times I_2^{(2)}$.

On peut naturellement décomposer d'une façon unique le tenseur $\overrightarrow{\overrightarrow{A}}$ en un tenseur symétrique $\overrightarrow{\overrightarrow{A^{(s)}}}$ et un tenseur antisymétrique $\overrightarrow{\overrightarrow{A^{(a)}}}$.

Comme tous les tenseurs et vecteurs qui interviennent ici sont du genre espace, on voit, toujours en se plaçant dans le système propre, que $\overrightarrow{\overrightarrow{A^{(s)}}}$ dépend de 6 constantes arbitraires, $\overrightarrow{\overrightarrow{A^{(a)}}}$, $\overrightarrow{B_1}$ et $\overrightarrow{B_2}$ de 3 constantes arbitraires chacun et I d'une constante arbitraire. On a ainsi au total 16 constantes arbitraires, comme cela était évident *a priori*. Mais il faut remarquer que la *trace* du tenseur $\overrightarrow{\overrightarrow{A^{(s)}}}$ est, par sa nature même, un invariant, et l'on peut considérer cette constante invariante comme l'une des constantes dont le tenseur en question dépend.

La répartition des 16 constantes arbitraires entre les états de spin se trouve alors être la suivante :

$j = 2$, les 5 constantes de $\overrightarrow{\overrightarrow{A^{(s)}}}$ autres que sa trace;
une constante pour chacun des états $m = -2, -1, 0, 1, 2$.

$j = 1$, les 3 constantes de $\overrightarrow{\overrightarrow{A^{(a)}}}$, une pour chacun des cas $m = -1, 0, 1$
» $\overrightarrow{B_1}$, » »
» $\overrightarrow{B_2}$, » »
donc, au total, 3 constantes pour chacun des états triples $m = -1, 0, 1$.

$j = 0$, la constante invariante I;
la constante invariante « trace de $\overrightarrow{\overrightarrow{A^{(s)}}}$ »;
soit deux constantes pour l'état double $m = 0$.

Pour isoler l'état de spin total maximum $j = 2$, il faut donc laisser de côté le tenseur $\overrightarrow{\overrightarrow{A^{(a)}}}$, les vecteurs $\overrightarrow{B_1}$ et $\overrightarrow{B_2}$ et l'invariant I_2, mais il faut *de plus* imposer au tenseur $\overrightarrow{\overrightarrow{A^{(s)}}}$ la condition que sa trace soit nulle. Ceci revient à annuler 11 des 16 constantes arbitraires. Ce résultat est tout à fait en accord avec l'hypothèse générale de M. Fierz qui définit d'une façon générale la particule de spin entier égal à f par un tenseur symétrique de rang f dont toutes les traces sont nulles. A notre point de vue actuel, cette hypothèse de M. Fierz revient à isoler la valeur maxima de j par un

certain choix de quelques-unes des constantes arbitraires, d'autres choix permettant d'ailleurs également d'isoler les autres valeurs possibles de j (inférieures à la valeur maxima).

D'autres résultats de M. Fierz, notamment le caractère non défini positif de la densité d'énergie, sont également faciles à retrouver par cette voie.

L'étude de la particule de spin 3, un peu plus compliquée que la précédente, conduit de même à une séparation à caractère tensoriel des diverses valeurs de j en passant toujours par l'intermédiaire du système propre.

L'étude de ces cas particuliers suggère la conclusion générale suivante : en construisant la particule de spin total maximum $n/2$ par la fusion de n corpuscules de spin $1/2$, c'est-à-dire par le même procédé qui nous a permis en théorie du photon de passer du spin $1/2$ au spin 1, on obtiendra très probablement la théorie la plus générale des particules de spin quelconque.

GÉOLOGIE. — *Rapports entre la constitution des phosphates en grains et la composition des dépôts stériles auxquels ils sont subordonnés.* Note de M. **Lucien Cayeux**.

L'étude des phosphates en grains de tout âge nous les montre subordonnés à des dépôts de nature et d'origine très diverses. Nombreux sont les exemples attestant que la composition des formations stériles qui encadrent ces phosphates, exercent une certaine influence sur leur constitution. J'en retiendrai trois pour étayer la démonstration projetée.

1° Les phosphates, subordonnés à la base de la craie à *Belemnitella quadrata* du Nord de la France, ont pour gangue une craie typique, que la présence de volumineux grains de phosphate ne modifie en rien.

2° Les phosphates en grains, exploités dans le domaine tunisien, caractérisés par des calcaires à *Nummulites* (Rebiba, Kalaat-es-Senam, Kala-Djerda) ont un ciment calcaire.

3° Les phosphates du Bassin de Gafsa, inclus dans une formation réunissant des argiles, des marnes, des calcaires marneux et des calcaires proprement dits, possèdent une gangue dont la composition reflète celle du complexe stérile. En particulier, la matière argileuse tient une grande place dans la constitution du ciment des grains.

Que signifie au juste la loi qui règle ainsi les rapports de la composition des horizons phosphatés avec celle des terrains stériles dont ils font partie?

Il en faut chercher la raison d'être dans les conditions mêmes de la sédimentation phosphatée. Tels que nous les voyons aujourd'hui, les phosphates en grains résultent toujours de l'association, aussi intime qu'il se peut, de deux dépôts de nature et d'origine foncièrement dissemblables.

S'agit-il de la craie phosphatée à *B. quadrata* du Nord de la France, il est démontré qu'après une perturbation qui en a interrompu momentanément le dépôt, la vase crayeuse a continué à s'accumuler avec une composition normale, en même temps que les grains phosphatés arrivaient en foule tout formés, en jouant le rôle de matériaux détritiques de provenance étrangère.

Mieux que tous les autres, les phosphates du Bassin de Gafsa se prêtent à une démonstration décisive à souhait. Alors qu'une sédimentation tour à tour argileuse et calcaire, mais surtout argileuse, également interrompue à un moment donné, reprend et se poursuit comme si rien d'anormal ne s'était passé, des grains de phosphate, bourrés de *Diatomées* marines, viennent se mêler aux vases argileuses, calcaires etc., avec le faciès de matériaux étrangers par rapport au milieu où s'accumulent les vases. Rien n'est plus facile que d'en administrer la preuve. Il suffit d'observer que les Diatomées, représentées par des myriades et des myriades d'individus dans les grains, ne comptent jamais un seul représentant dans la gangue. Bref il y a, réunis dans tous les phosphates en grains, des matériaux se réclamant de deux origines absolument distinctes : *une gangue, élaborée sur place par la continuation de la sédimentation, qui a engendré les stériles associés aux phosphates, et des grains remaniés, invariablement concentrés en dehors de leur milieu générateur*. Par voie de conséquence, la constitution même des grains est, dans tous les cas, indépendante de celle de la gangue.

Il en résulte, au point de vue pratique, que la connaissance des dépôts stériles, étroitement associés aux grains phosphatés, permet de préjuger de la nature de la gangue qui les agglutine, avant la mise en exploitation des gisements. Mais celle des manières d'être et des rapports du ciment avec les grains est de rigueur dans l'étude de l'enrichissement des phosphates, si l'on veut opérer avec chances de succès.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *La teneur en bore des feuilles dans la maladie du cœur de la betterave et d'autres plantes.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Lazare Silberstein.**

Une insuffisance de bore dans les milieux naturels ou artificiels de culture des plantes entraîne l'arrêt plus ou moins accentué du développement pouvant aller depuis une simple diminution du poids de la récolte jusqu'au dépérissement et à la mort. Ces effets pernicieux ont été reconnus déjà sur un grand nombre d'espèces végétales et parmi les symptômes graves qui les accompagnent il en est un qui a été signalé à plusieurs reprises comme caractéristique : c'est l'atteinte prématurée de la partie terminale de la tige, comme cela se présente dans la plupart des cas, ou du bourgeon central ou cœur lorsqu'il s'agit d'une plante dont les feuilles se développent en rosette autour d'une tige très réduite.

Ce symptôme a été signalé d'abord chez la fève par Kat. Warington en 1923 (1); il a été reconnu plus tard chez le tabac par Mac Murtrey en 1929, Marg. Mes en 1930 et van Schreven en 1934 (2), chez la betterave par E. Brandenburg en 1931 et W. Brenchley en 1937 (3), chez le maïs par French en 1935 (4), chez le lupin jaune par van Gennep en 1936 (5), plus récemment encore, chez le chou-rave ou rutabaga, le navet plat ou turnep, le chou-fleur etc.

C'est surtout chez des plantes faisant l'objet d'une culture intensive que l'on a observé la gravité du mal, notamment chez la betterave et le rutabaga, où il est connu sous le nom de *pourriture* ou *maladie du cœur*.

A quelle circonstance peut-on attribuer une localisation si particulière de l'affection due à la carence du bore ?

Les résultats que nous avons publiés tout récemment sur les variations

---

(1) *Annals of Botany*, **37**, 1923, p. 629.

(2) Mac Murtrey, *Journ. of Agric. Research*, **38**, 1929, p. 371 ; Marg. Mes, *Phytopath. Zeits.*, **2**, 1930, p. 593 ; Van Schreven, *Tijds. Plantenziekten*, **40**, 1934, p. 98.

(3) E. Brandenburg, *Phytopath. Zeits*, **3**, 1931, p. 499 ; W. Brenchley, *Ann. Applied Biol.*, **24**, 1937, p, 494.

(4) *Fla. Agr. Exp. Sta., Ann, Rept*, **1935**, 1936, p. 62.

(5) *Thèse*, Baarn, 1936.

de la teneur en bore des feuilles avec l'âge ([6]) ont montré que ces organes présentent une teneur maxima dans la première période de leur développement, soit dès le bourgeon, soit peu après.

Nous avons fait remarquer que ces variations étaient pour ainsi dire parallèles, d'une part à celles de la teneur en manganèse, d'autre part à celles de l'activité fonctionnelle des feuilles, ce qui peut s'interpréter en faveur de l'importance physiologique des deux oligoéléments et permet de voir dans les teneurs plus élevées de la feuille jeune que de la feuille adulte une sorte de mesure des besoins de l'organe en bore et en manganèse.

Comme nous n'avions réalisé nos dosages de bore que sur des feuilles de végétaux ligneux, il nous a paru nécessaire, avant de généraliser les résultats ainsi obtenus aux plantes de grande culture, énumérées plus haut, et de tirer de cette généralisation la conséquence que l'on entrevoit, d'effectuer quelques déterminations quantitatives du métalloïde sur des espèces herbacées. Nous avons examiné dans ce but la betterave, le chou-navet dit rutabaga et le chou ordinaire ou chou pommé. Les deux premières plantes provenaient de l'École nationale d'Agriculture de Grignon et nous avaient été obligeamment fournies par M. Guérillot, la troisième avait été cultivée par nous dans le jardin de l'Institut Pasteur.

Pour la betterave et le rutabaga, les feuilles ont été séparées une par une, par section au ras du collet, en allant de l'extérieur vers le centre jusqu'au cœur ou bourgeon terminal contenant encore deux ou trois petites feuilles. Pour avoir une quantité suffisante de matière pour les analyses de cœur, nous avons dû réunir les prélèvements faits sur plusieurs pieds, six pieds de betteraves et neuf de rutabagas. Les dosages ont été exécutés soit sur les cœurs réunis, soit sur une partie aliquote des divers mélanges de feuilles, préalablement séchées et pulvérisées.

Voici, disposés en un tableau semblable à celui de la Note précédente, les résultats essentiels que nous avons obtenus ([7]). Les feuilles ont été analysées par zones numérotées de l'intérieur vers l'extérieur.

([6]) *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 136.

([7]) D'autres détails se trouveront dans le Mémoire qui paraîtra un peu plus tard.

	Longueur moyenne.	Matières sèches.	Bore par kg de matières fraîches.	Bore par kg de matières sèches.
Betterave (Date de la récolte, 5 juillet).				
	cm	%	mg	mg
Bourgeons	4	12,6	2,2	17,2
Feuilles 1re zone (8)	15	9,2	1,4	15,5
» 2e »	39	6,9	0,5	7,7
» 3e »	45	6,6	0,4	6,5
» 4e » (9)	31	5,8	0,4	7,0
Rutabaga (Date de la récolte, 5 juillet).				
Bourgeons	3	16,8	2,6	15,2
Feuilles 1re zone (8)	17	13,4	1,2	8,7
» 2e » (9)	22	12,8	1,3	10,5
Chou (Date de la récolte, 30 mars).				
Bourgeons		16,0	1,9	11,7
Feuilles 1re zone (8)		15,9	3,5	21,7
» 2e » (9)		16,4	1,1	6,7

Ces nouveaux résultats, confrontés avec les précédents, montrent que le maximum de teneur en bore présenté par les feuilles dans la première période de leur développement est un phénomène général, s'appliquant aussi bien aux végétaux herbacés qu'aux végétaux ligneux. Ils nous permettent, en outre, de comprendre comment des plantes trouvant dans leur milieu de culture tous les éléments nutritifs, mais une proportion insuffisante de bore, dépérissent en commençant par les parties les plus jeunes et les plus actives : l'extrémité de la tige, comme dans le cas de la fève et du tabac, le cœur ou bourgeon central, comme dans celui de la betterave et du rutabaga.

GÉNÉTIQUE. — *Sur l'hérédité unilatérale dans les croisements interspécifiques.* Note de M. Louis Blaringhem.

Depuis 1929, j'ai en culture, à la station Berthelot à Bellevue (Seine-et-Oise) et à l'Arboretum G. Allard, à Angers, huit générations dérivées d'une seule Giroflée (*Cheiranthus Cheiri*) femelle par avortement des éta-

(8) Feuilles les plus rapprochées du bourgeon central.

(9) Feuilles les plus externes.

mines; cette mutation décrite en 1931 est certainement le résultat d'un croisement d'un *Cheiranthus* avec un *Erysimum Cheiranthoïdes*. J'ai suivi avec soin cette descendance ([1]), utilisant uniquement les graines récoltées sur les plantes femelles, en nombre variable chaque année (20 à 50 %). Après les semis du 8 mai 1938 suivis de deux repiquages, j'obtiens en 1939 en grande majorité des *Erysimum* hermaphrodites (7 ♀ sur 79) et seulement deux plantes du type *Cheiranthus* d'ailleurs femelles. J'attribue ce résultat à la destruction, au début de décembre 1938, des plantes type *Cheiranthus* par le froid exceptionel (— 18°) qui a suivi une période chaude et humide favorable au développement des Giroflées. La plupart des lots de Giroflées horticoles ont d'ailleurs subi de graves dommages dans nos régions.

D'environ 300 plantes repiquées 126 ont résisté, dont 37 sont franchement du type *Erysimum Cheiranthoides* précoce, desséchés fin juin; 42 sont encore en fleurs après avoir donné les premières hampes actuellement en fruits; 47 sont en pleine végétation herbacée et ne fleuriront que tard à l'automne et au printemps prochain. Des plantes en fleurs, 2 sont des *Cheiranthus* ♀; des plantes en rosette, 4 seulement annoncent par l'épaisseur de leurs feuilles et la compacité des rosettes l'état intermédiaire mais plus voisin des *Cheiranthus* que des *Erysimum*.

J'ajoute que, malgré des recherches patientes et répétées, je n'ai jamais trouvé au cours de ces huit générations, parmi plus de 1000 individus, de plante ♀ ayant fait franchement retour à un *Erysimum Cheiranthoides* et ne donnant que des étamines avortées; les ascendants ont été choisis du type *Cheiranthus* intermédiaire ou franchement Giroflée, puisque les graines ont été prises sur les plantes femelles fécondées artificiellement avec le pollen des individus hermaphrodites à grandes fleurs.

Ainsi, malgré la sélection continue dans la lignée, malgré l'élimination périodique des *Erysimum* hermaphrodites, c'est le type *Erysimum* qui persiste lorsqu'une circonstance exceptionnelle telle qu'un froid rigoureux intervient. Nous trouvons des analogies frappantes dans la ségrégation des descendances des hybrides entre espèces de Blés mal acclimatées.

Il n'y a aucune difficulté à séparer, par les diagnoses, les *Cheiranthus* des *Erysimum* indigènes, surtout de l'*Erysimum Cheiranthoides* L., plante annuelle, à tiges dressées et raides d'un vert clair, à fleurs petites et inodores, jaune franc, s'échelonnant sur de longues grappes et évoluant en siliques, longues, épaisses, à valves coriaces dont les nervures saillantes

(1) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 124; **196**, 1933, p. 1850; **203**, 1936, p. 1039.

donnent aux fruits une forme tétragone. Les stigmates sont arrondis et globuleux, les graines sont oblongues et pleines sans ailes, alors que chez les *Cheiranthus*, dont la seule espèce indigène (*Ch. Cheiri*) croît sur les vieux murs les stigmates sont largement étalés et bilobés, les graines sont ovales, aplaties, bordées d'une aile surtout développée à l'opposé du funicule. Nous allons examiner le comportement de ces caractères de détail, objet des discussions savantes des botanistes descripteurs; mais personne ne confond avec les Vélars les Giroflées à grandes fleurs odorantes, à tiges molles, couvertes de feuilles épaisses et nombreuses qui laissent des cicatrices bien marquées et espacées à la base des tiges frutescentes; les ovaires des Giroflées évoluent très lentement en larges siliques plates et molles, couvertes d'un abondant duvet blanchâtre, et les graines sont espacées dans les fruits.

Il n'y a qu'une seule espèce indigène de *Cheiranthus* dans le centre et le nord de la France, alors que beaucoup de formes locales ou même de bonnes espèces du genre *Erysimum* sont dispersées à travers les différentes provinces; elles peuvent avoir pour origine des croisements avec *Cheiranthus*, comme les montrent les résultats de mes cultures.

En effet les *Erysimum murale*, *virgatum* avec leurs variétés décrites par Grenier et Godron [1], et il y en a bien d'autres aussi caractérisées, diffèrent de l'*Erysimum Cheiranthoides* par une vigueur plus grande, une pérennité accusée des stigmates plus ou moins arrondis bilobés, des graines plus ou moins ailées, par toute une série de traits qu'il me serait possible de retrouver dans la variété des individus hybrides de mes cultures. L'hybridité accompagnée d'avortements staminaux est toujours liée à une vigueur végétative exceptionnelle et donne le faciès Giroflée aux plantes femelles, d'ailleurs assez fécondes.

Je me limiterai à une seule indication concernant la forme des graines. Elles sont plates, largement ailées chez *Cheiranthus*, mais échelonnées dans des siliques larges, étalées et souples à maturation très lente, et cette corrélation est constante; elles traduisent la lignification tardive et limitée des tisssus et même des fruits des *Cheiranthus* par rapport à tous les *Erysimum* de France; à cette lignification tardive et faible correspondent des ovules irrégulièrement fécondés, dont l'albumen digéré lentement laisse toute la place pour l'étalement des cotylédons; et même, parce que les parois des ovules fécondés sont élargies, il reste toujours un espace vide entre la paroi et les cotylédons, paroi qui forme une aile autour du jeune embryon. Chez *Cheiranthus Cheiri*, lignée bien stabilisée dans des

conditions de vie bien spéciales, les crevasses des vieux murs, les graines murissent pour ainsi dire comme un blé échaudé; chez *Erysimum Cheiranthoides*, la lignification rapide des tissus, des axes, des pédoncules est traduite par le redressement très régulier des fruits quelques jours après la fécondation; les graines se touchent, les valves des fruits forment une cage solide laissant l'espace pour le gonflement des cotylédons qui remplissent, plus ou moins roulés, les enveloppes des ovules; il n'y a pas d'aile aux graines parce que les embryons croissent rapidement dans l'ovule encore jeune, parce que la fécondation est suivie d'une lignification rapide. C'est au fond le phénomène essentiel qui distingne le Lin sauvage des bords de la Méditerranée (*Linum angustifolium* H.) du Lin à fibres cultivé dans le nord de l'Europe; ce dernier liquifie tardivement ses tissus et l'on peut en extraire les fibres par rouissage.

Or, dans mes hybrides de *Cheiranthus* et d'*Erysimum*, et surtout à partir de (F_3) et de (F_4), existent toute une série d'intermédiaires dans la forme des graines, dans l'étalement des cotylédons, dans le développement des ailes; ces particularités permettent en fait de distinguer les lignées par l'examen de la diversité des formes de graines. Ce triage n'est en réalité qu'une application un peu délicate des phénomènes de Xénie qui ont permis la découverte des règles numériques de la disjonction des métis de Pois et de Maïs par G. Mendel, puis H. de Vries. Mais il s'agit ici d'un hybride entre espèces très éloignées, entre genres différents, et les irrégularités, les mosaïques désordonnées sont la règle comme l'a si bien précisé Charles Naudin (1865).

Les ovaires développés dans les fleurs femelles se développent lentement et se lignifient tard; il faut au moins trois mois pour en obtenir des graines mûres; un certain nombre d'ovules avortent et les siliques sont longues ou courtes selon les cas; leurs parois sont flasques, parfois même ne se lignifient pas du tout et l'on obtient des fruits épais, ridés, vides de graines, mais où les ovules ont pris un développement anormal comme le provoquent ailleurs des champignons parasites.

L'essentiel est que les ovules fécondés, que les graines suffisamment formées germent; elles donnent une grande diversité de plantules et beaucoup des moins lignifiées succombent dans les semis et aux repiquages; les meilleures réussites sont obtenues sous châssis. A ces difficultés de fécondation, de maturation et de germination s'opposent la vigueur exceptionnelle, l'exubérance foliaire et raméale des survivants. Telle est la raison fondamentale de la ségrégation des adultes; ils rentrent sans

difficulté dans l'un ou l'autre type *Erysimum* ligneux ou *Cheiranthus* à lignine déficiente.

Ces études m'ont permis de diriger les expériences de M. Kuo Chun Chin [1] dans les croisements des Blés très différents *Monoccum* et *Triticum vulgare*, d'en comprendre le mécanisme et d'en signaler l'importance considérable tant au point de vue de la botanique systématique que de la production de nouvelles céréales utiles. De même qu'il est possible de répartir les individus hybrides de Giroflée et de Vélar (*Erysimum*), selon leur mode de croissance et d'après leurs traits généraux, soit dans les Giroflées, soit dans les Vélars, de même, l'examen au cours du développement des descendants de l'Engrain fécondé par le Froment permet la distinction nette des individus pris un à un, dès (F_1) et dans les générations suivantes, en Engrains ou en Froments; il n'y a pas d'hésitation possible et c'est bien là une forme de l'*Hérédité unilatérale*, telle que Millardet l'a définie à propos de ses croisements entre espèces de Fraisiers, entre espèces de Vignes.

Mais l'uniformité des ségrégations n'est qu'apparente; elle disparaît avec la crise sexuelle : grande variabilité dans la montée des épis, dans la fertilité des épillets, dans la formation des graines; les caractères des *albumens* et des *cotylédons* font prévoir le devenir des jeunes plantules et celles-ci d'ailleurs montrent à leur tour dans la succession, la forme, et les coloris des premières feuilles, une diversité dont il est impossible de trouver des traces dans les organes végétatifs en voie de complet développement. Dans ces espèces systématiques complexes, le sélectionneur isole les variétés dont certaines sont provisoirement stables et uniformes.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur l'écoulement relatif permanent d'un fluide parfait et l'hypothèse des tranches*. Note de M. **Maurice Roy**.

Nous référant ici, pour la définition de l'écoulement permanent envisagé, les équations générales et les notations utilisées, à une Communication antérieure [1], nous nous proposons de traiter de l'application de l'hypothèse des *tranches* à cet écoulement.

Dans un dessein de généralisation, nous modifierons, d'ailleurs, l'énoncé classique de cette hypothèse et nous conviendrons de dire que, s'ajoutant

---

(1) *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 1141; **209**, 1939, p. 240.

(1) M. Roy, *Comptes rendus*, **209**, 1939, p. 187.

à l'hypothèse des courants, elle consiste à admettre que, sur toute surface orthogonale (Σ), le produit ρw (débit en masse par unité de surface) et la vitesse-limite l sont uniformes (pour l, il suffit même d'admettre son uniformité sur une seule surface, traversant entièrement le courant).

Alors, la vitesse-limite l est uniforme dans tout l'écoulement. Ou encore, si cette condition est déjà satisfaite, à l'origine par exemple, notre hypothèse des tranches se réduit à admettre seulement que les surfaces (Σ) sont des *surfaces de débit uniforme*.

Si le fluide parfait est compressible, notre énoncé rend possible la coïncidence d'une onde de choc et d'une surface (Σ), puisque ρw et l ont, chacun et nécessairement, mêmes valeurs sur les deux faces d'une telle onde, lorsque celle-ci est stationnaire et orthogonale.

Dans le cas où le mouvement absolu est irrotationnel, on a montré précédemment ([2]) que l'hypothèse des courants n'est valable que si la rotation d'entraînement est nulle pour un courant à trois dimensions ou si, la rotation n'étant pas nulle, le courant permanent (relatif) est plan et orthogonal à cette rotation.

Signalons quelques conséquences de notre conception de l'hypothèse des tranches pour ces deux cas particuliers, d'ailleurs susceptibles d'applications étendues.

PREMIER CAS. — *Écoulement avec rotation d'entraînement et dans lequel, à partir de son origine, le tourbillon absolu est nul.*

a. Alors, depuis l'origine jusqu'à la première onde de choc, qu'on supposera localisée sur une surface (Σ_1) *orthogonale* aux lignes de courant (Λ), le courant est plan, orthogonal à $\overline{\omega}$ et isoentropique. Dans ce domaine, c'est-à-dire en amont de (Σ_1), l'isoentropie entraîne notamment que $\partial p/\partial n = a^2\,\partial\rho/\partial n$ (a, vitesse du son) et l'uniformité du débit sur toute surface orthogonale (Σ) que $\partial(\rho w)/\partial n = 0$. On en déduit, en tenant compte des équations (1) de notre Note précitée et de $\zeta_a = 0$, que

$$\frac{\partial w}{\partial n} = \frac{uw}{w^2 - a^2}\cdot\frac{\partial u}{\partial n}.$$

Cette relation montre une inversion évidente du gradient de w vers le centre de courbure des lignes (Λ) lorsqu'on passe des vitesses subsoniques aux supersoniques, si la courbure de ces lignes dans le plan du courant n'est pas elle-même inversée.

([2]) *Ibid.*, 209, 1939, p. 187.

On notera que l'*énoncé usuel* de l'hypothèse des tranches [$w=$const., d'où $\partial w/\partial n=0$, sur (Σ)] nécessiterait ici $u=0$ ou $\partial u/\partial n=0$, ce qui exclut pratiquement son applicabilité à tout mouvement permanent *relatif*.

b. Au franchissement de la première onde de choc (Σ_1), l'écoulement envisagé reste évidemment plan, mais l'iso-entropie disparaît et le tourbillon absolu, nul depuis l'origine jusqu'à (Σ_1), cesse d'être nul. Sa seule composante, ζ_a (parallèle à la rotation d'entraînement $\overline{\omega}$), est liée au gradient de l'entropie S sur toute surface orthogonale (Σ) par la relation générale $2w\zeta_a=\mathrm{T}\,\partial\mathrm{S}/\partial n$. D'autres ondes de choc, successives et d'effet analogue, peuvent se présenter à l'aval, localisées chacune sur une surface (Σ). Bien entendu, ces ondes ne sont possibles qu'en écoulement (relatif) supersonique.

c. Enfin, une ou des surfaces-cloisons (Γ) peuvent exister dans l'écoulement considéré, prenant naissance sur un obstacle ou une paroi. Elles ne troublent pas la validité de notre hypothèse des tranches dans chacune des deux portions de courant qu'elles séparent et, dans le cas présent, n'introduisent pas de discontinuité transversale à (Γ) de la vitesse-limite l, ni de l'entropie S, ni de la pression p (par définition), donc ne correspondent qu'à une discontinuité transversale de la direction de w. Signalons que, dans l'épaisseur théoriquement nulle, pour un fluide à viscosité *évanescente*, de ces ondes-cloisons, on doit imaginer que l'entropie du fluide serait supérieure à sa valeur ambiante, l'onde-cloison dans un fluide parfait étant conçue, de même que l'onde de choc, comme la limite d'une quasi-onde dans un fluide à très faible viscosité.

DEUXIÈME CAS. — *Écoulement permanent absolu, donc à vitesse d'entraînement nulle, et dans lequel, à partir de son origine, le tourbillon absolu est nul.*

a. Alors, depuis l'origine et jusqu'à une première onde de choc (Σ_1), supposée localisée sur une surface orthogonale, la vitesse-limite est uniforme (par l'hypothèse des tranches) ainsi que l'entropie (par la condition $\overline{\Omega}_a=0$). Dès lors, par la nullité de la composante η_a du tourbillon absolu, $\partial w/\partial b=0$ (ici, w est la vitesse absolue). Mais, par l'iso-entropie ($\partial\mathrm{S}/\partial n=0$) et par l'uniformité du débit sur toute surface (Σ) [en particulier, $\partial(\rho w)/\partial n=0$], on établit immédiatement que $(a^2/w).(\partial w/\partial n)=w^2/\mathrm{R}$. D'autre part, la condition $\zeta_a=0$ entraîne $\partial w/\partial n=w/\mathrm{R}$. D'où on conclut que $\partial w/\partial n=0$ (forme classique, d'ailleurs, de l'hypothèse des tranches en mouvement absolu) et $\mathrm{R}=\infty$.

Les trajectoires (Λ) sont rectilignes et constituent une congruence de droites, normales à toutes les surfaces (Σ). Ces dernières sont des

surfaces *parallèles* et l'équation de continuité ([3]) qui s'écrit ici $(w/\rho).(\partial\rho/\partial s) = -\partial w/\partial s + kw$ [k, courbure de (Σ)] montre que, ρ et w étant constants sur une surface (Σ) et ρ, w et s éprouvant des variations constantes lorsqu'on passe d'une surface (Σ) à la surface parallèle et infiniment voisine, *la courbure k d'une surface (Σ) est elle-même constante.*

b. La traversée d'une onde de choc (Σ_1), orthogonale et stationnaire, ne modifie rien à ce qui précède, sauf qu'elle engendre un accroissement uniforme d'entropie pour l'écoulement aval, *sans que, d'ailleurs, le tourbillon absolu cesse d'être nul.*

c. L'écoulement par tranches envisagé n'est donc compatible qu'avec des *trajectoires rectilignes* et des *surfaces orthogonales à courbure constante.* On doit signaler, en particulier, que ces conditions ne peuvent être réalisées dans le divergent conique d'une tuyère de révolution raccordée à un réservoir indéfini, si la méridienne de cette tuyère ne présente pas *au moins un point d'inflexion en aval du col.*

Cette considération théorique paraît susceptible d'être mise à profit pour le tracé pratique de tuyères à col, en vue d'y favoriser un écoulement sensiblement par tranches et l'observation d'ondes de choc *régularisées.*

MINÉRALOGIE. — *Théorie de la montmorillonite.*
Note ([1]) de M. **Jacques de Lapparent.**

L'usage a prévalu d'écrire la formule de la montmorillonite comme celle d'une pyrophyllite à laquelle on adjoindrait un certain nombre de molécules d'eau. C'est un mauvais usage, contre lequel se dressent les tests physiques et chimiques que l'on peut produire à partir de ce corps, mais qui est de ceux qu'il est long de supprimer parce qu'ils impliquent, dans la conception scientifique qui les a motivés, une originelle facilité.

Nous avons déjà dit ([2]) les raisons pour lesquelles nous considérions qu'il faut adopter pour la montmorillonite la formule que l'on développe $H^2O\ Al^2O^3\ MgO\ 5SiO^2 + nH^2O$ et non celle qui a pour base la pyrophyllite, à savoir $H^2O\ Al^2O^3\ 4SiO^2 + nH^2O$. Nous montrerons

---

([3]) Cf. pour cette expression, valable au cas d'existence des surfaces orthogonales, notre Note des *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 689.

([1]) Séance du 24 juillet 1939.

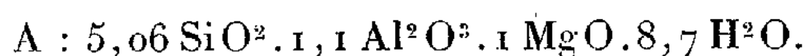
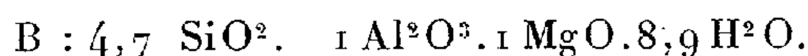
([2]) *Z. Kristallogr.*, (A), 98, 1937, p. 245.

aujourd'hui comment l'écriture structurale tirée de la première formule permet d'expliquer les propriétés caractéristiques de la montmorillonite, ce que ne fait aucunement la seconde.

Et nous étaierons d'abord la première formule par des analyses que nous avons fait faire récemment (Raoult) à partir de *bentonites* algériennes prises parmi les plus pures; analyses qu'on a conduites de façon à éliminer, dans toute la mesure du possible, le peu de sable feldspathique contenu dans la matière. La partie *argile* de ces bentonites, ramenée à 100, fournit A (Saint-Arnauld), B (Zenina):

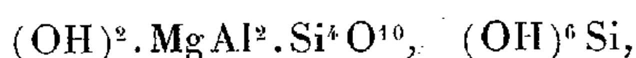
	SiO^2.	Al^2O^3.	Fe^2O^3.	FeO.	MgO.	CaO.	Alcalis.	Eau totale.
A........	48,8	17,4	1,7	0,3	4,7	1,7	0,4	25
B........	47,7	15,5	2,6	0,4	6,1	0,2	0,5	27

Bloquant sous le titre MgO les protoxydes, et sous le titre Al^2O^3 les sesquioxydes, on tire de A et de B les formules


$$A : 5{,}06\,SiO^2 . 1{,}1\,Al^2O^3 . 1\,MgO . 8{,}7\,H^2O.$$

$$B : 4{,}7\ SiO^2 .\ \ 1\,Al^2O^3 . 1\,MgO . 8{,}9\,H^2O.$$

Ces analyses, faites à partir de matières dont la courbe thermique et le radiogramme sont caractéristiques des montmorillonites, légitiment la formule que nous adoptons; compte tenu de ce que les procédés analytiques employés ne permettaient pas d'empêcher l'attaque soit d'une très petite quantité de kaolinite très fréquemment associée à la montmorillonite, soit d'impuretés très dispersées dans les matières utilisées.

Sur ces bases chimiques on peut écrire la formule de la montmorillonite à la manière de celles des phyllites dont l'épaisseur du feuillet élémentaire est supérieure à 10 Å et qui sont bâties sur le modèle des chlorites


$$(OH)^2 . MgAl^2 . Si^4O^{10}, \quad (OH)^6\,Si,$$

de l'eau étant surajoutée, dont nous allons dire l'origine.

Le premier terme, envisagé sous le schéma représentatif du *corset* des phyllites, met en évidence l'occupation de toutes les cases de la ceinture par des cations, malgré la présence de Al, comme il en est dans les chlorites; le second terme, *tenon* épais entre corsets superposés, établit la compensation électrostatique de ces derniers.

Mais intervient alors la considération de la propriété très remarquable de la montmorillonite de foisonner lorsqu'elle est imbibée d'eau; propriété

mise en évidence par MM. Hofmann, Endell et Wilm [3] et dont l'étude a été récemment reprise par MM. Bradley, Grim et Clark [4]. Les radiogrammes montrent que l'épaisseur du feuillet élémentaire de la substance croît avec le degré d'humidité. Tout se passe donc comme si de l'eau, en quantité de plus en plus grande, gonflait le terme de compensation qui sépare l'un de l'autre les corsets en $MgAl^2$.

Les raisons de ce gonflement apparaissent dans l'affinité de Si pour OH et la formation de $Si(OH)^4$ qui en résulte, puis dans l'instabilité même de l'acide orthosilicique formé qui, en se décomposant, engendre des molécules d'eau. Le silicium serait, dans la couche tenon, un catalyseur d'eau. La couche corset, approvisionnant la couche tenon en ions OH, pour satisfaire à la fois à sa compensation électrostatique et à la formation d'acide orthosilicique dans cette dernière, agirait en aspirant, tandis que la couche tenon, dispensatrice de molécules d'eau, agirait en foulant; le corps, grâce à la présence de l'ion Si de la couche tenon, faisant office de pompe aspirante et foulante.

Des stades d'hydratation successifs seraient ainsi réalisés, dont le premier, à trois molécules d'eau extraites du terme écrit $(OH)^6Si$, correspondrait à une épaisseur de feuillet élémentaire égale à 12,4 A selon les déterminations de MM. Bradley, Grim et Clark; la déshydratation pouvant d'ailleurs, par suite d'effets de moyennes, réduire encore l'épaisseur apparente du feuillet.

On comprendra sans peine que l'écriture de la montmorillonite en *pyrophyllite + eau* ne suggère aucune raison physicochimique de l'hydratation du corps et de son foisonnement, le terme pyrophyllite étant électrostatiquement neutre.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence de la nature du porte-greffe sur le mode d'alimentation* NPK *de la vigne greffée.* Note de MM. **Henri Lagatu** et **Louis Maume**.

Pour les végétaux greffés, la vigne notamment, la question se pose de savoir si le porte-greffe constitue un transformateur alimentaire en surplus de ceux (humidité, température, lumière, taille, labour etc.) qui existent

(3) *Z. Kristallogr.* (A), 86, 1933, p. 340.
(4) *Z. Kristallogr.* (A), 97, 1937, p. 216.

en général entre la *possibilité* alimentaire du sol et la *réalité* alimentaire du végétal.

A défaut d'une expérimentation méthodique sur ce sujet, l'occasion s'est offerte à nous, en 1932, d'un essai sur vigne aux environs de Montpellier (lieudit Pont-Trincat) que nous n'avons pas installé, mais que nous avons pu contrôler et utiliser pour l'analyse périodique de la quatrième feuille des rameaux fructifères. Dans un espace homogène restreint, cette vigne présentait l'Aramon greffé sur cinq porte-greffes différents : R 31 Richter, hybride complexe de *Novo Mexicana* et de *Berlandieri* Resseguier n° 2; 1202 Couderc, Mourvèdre-*Rupestris;* 161-49 Couderc, *Riparia-Berlandieri*; 150-15 Malègue, croisement d'Aramon-*Rupestris* Ganzin n° 1 par un *Berlandieri;* 41 B de Grasset, croisement de Chasselas par un *Berlandieri*.

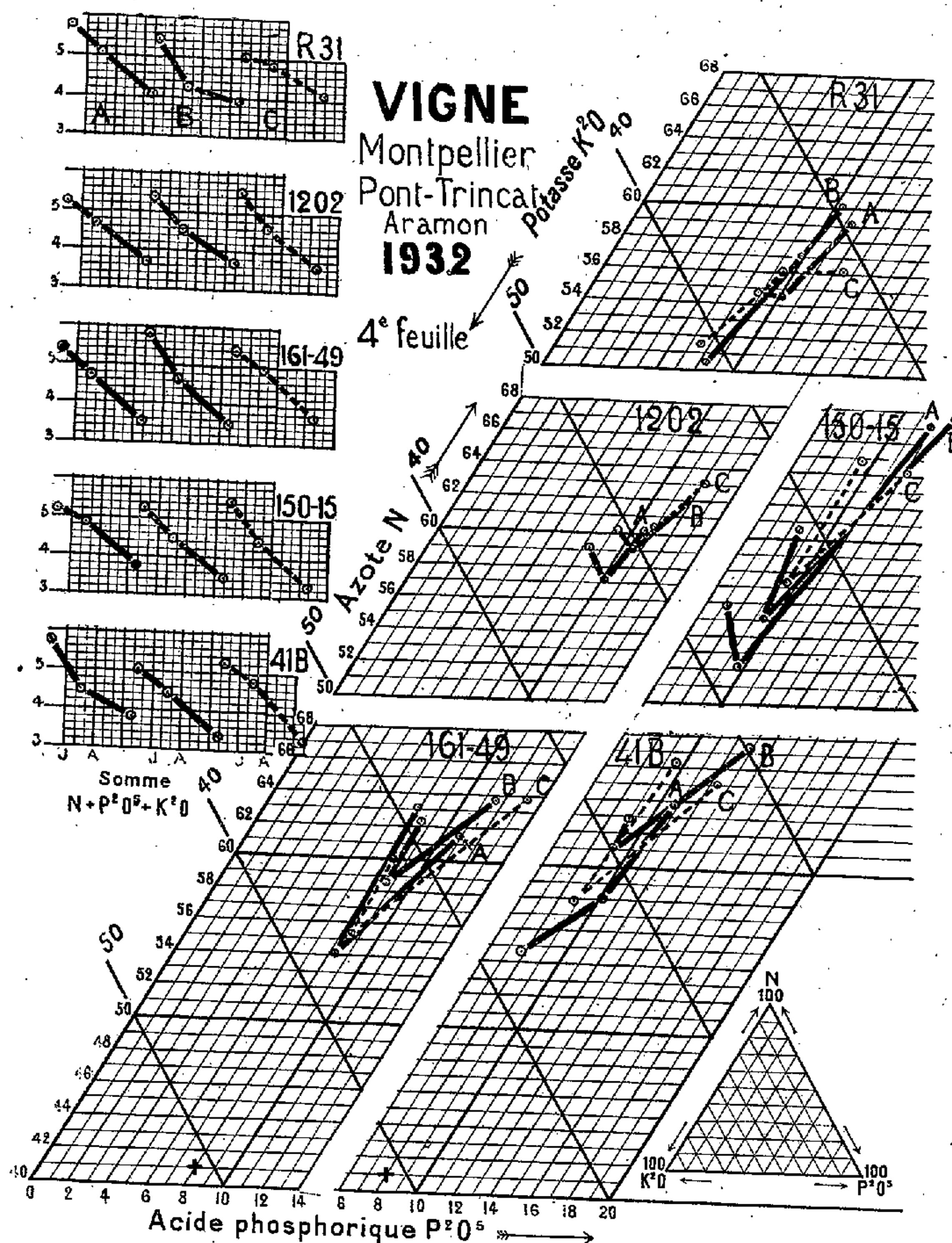
Chaque parcelle impartie à un de ces porte-greffes avait été subdivisée en trois fractions respectivement traitées comme suit : A. 500^g de chlorure de potassium par pied et badigeonnage du cep avec une solution de sulfate ferreux à 33 %; B. 500^g de chlorure de potassium; C. 100^g de chlorure de potassium. La parcelle à 150-15 avait en plus reçu 4^{kg} de fumier par pied sur toute sa surface; la parcelle à 41 B avait reçu 1^{kg} de croûte de bergerie par pied.

Nous avons effectué les prélèvements de feuilles le 15 juin, le 16 juillet et le 9 septembre. Notre graphique représente les variations de l'alimentation globale NPK($N + P^2O^5 + K^2O$) pour 100 de matière sèche de la feuille; et, en coordonnées trilinéaires, les variations des quotes-parts de N, P^2O^5 et K^2O pour $N + P^2O^5 + K^2O = 100$ les lettres A, B, C marquent sur le graphique le début de chaque diagramme au 15 juin

Par suite de l'apport de deux sortes différentes de fumier, les graphiques du 150-15 et du 41 B correspondent à des conditions de milieu qui ne sont comparables, ni entre elles, ni à celles des autres parcelles. Nous pouvons toutefois entrevoir dans la parcelle 150-15 une efficacité plus marquée de l'engrais potassique sous l'action du fumier, confirmant ce que nous avons observé dans le cas de la Pomme de terre, et d'autre part, dans des conditions cette fois comparables puisque portant sur les subdivisions d'une même parcelle, que le badigeonnage au sulfate ferreux a nettement accru l'alimentation globale NPK de l'Aramon greffé sur 41 B, non sur 150-15 : le problème pourrait donc être posé de l'étude des modifications alimentaires NPK par le badigeonnage de la souche au sulfate de fer *en fonction du porte-greffe*.

Les trois parcelles R31, 1202, 161-49 sont dans des conditions bien comparables de milieu et de fumure. Remarquons qu'aucun des diagrammes de l'équilibre NPK (rapports physiologiques) ne s'approche de celui que nous avons observé comme optimum pour les feuilles de rangs 1 et 2 de l'Aramon, à savoir $N/P^2O^5/K^2O = 41/8/51$, point marqué d'une croix au

bas du réseau. Nous sommes donc, pour toutes ces parcelles, dans un cas de carence alimentaire relative de la potasse (et d'excès relatif de l'azote).



a. Le 15 juin, la carence relative de potasse dans la feuille d'Aramon a été moins marquée sur R31 que sur 1202 et surtout que sur 161-49 : donc, *sur un même sol avec une même fumure et dans une même année, des porte-greffes différents peuvent réaliser des rapports physiologiques* NPK *différents sur un même cépage greffé*.

b. Sous l'influence des conditions météorologiques, l'équilibre alimentaire NPK de la feuille d'Aramon a subi en juillet 1932 un renversement qui a été peu marqué sur R31, davantage sur 1202 et très marqué sur 161-49. *Il peut donc y avoir, avec des porte-greffes différents, une sensibilité*

plus ou moins grande de la qualité de l'alimentation minérale aux variations atmosphériques.

A la vérité toutes ces différences, bien que nettement apparentes sur notre graphique, ne dépassent pas celles qu'on peut observer chez un même cépage greffé sur un même porte-greffe, quand on compare les alimentations de deux années différentes.

Nos diagrammes n'en montrent pas moins au premier regard que dans un même milieu et dans une même année différents porte-greffes peuvent déterminer pour un même cépage des différences d'alimentation NPK, à la fois quantitatives et qualitatives, qui sont sensibles et peuvent être mesurées par le diagnostic foliaire.

Conclusion. — En ce qui concerne l'absorption de l'azote, de l'acide phosphorique et de la potasse, nous voyons que, dans un milieu donné et pour un cépage donné, chaque porte-greffe est intervenu comme un modificateur caractérisé du climat subi par le cépage greffé, lequel répond à ces modifications en faisant jouer, à leur égard comme à l'égard des autres facteurs du milieu, sa propre plasticité chimique.

NOMINATIONS.

M. **Georges Claude** est désigné pour représenter l'Académie aux cérémonies qui auront lieu à Québec, le 28 août, à l'occasion du tricentenaire de la fondation de l'*Hotel Dieu* de cette ville.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Frédéric Deprez. *Tables pour le calcul à la machine des logarithmes à 13 décimales.*

2° Aurora Garcia de Rodriguez. *Congreso internacional de Enseñanza tecnica y comercial.*

3° *Memorias del Primer Congreso Internacional de Plasmogenia y Cultura*

General, Especialmente Mexicana, Julio 15-30 de 1938, Recopiladas por A. L. HERRERA, Presidente del Congreso. Entrega secunda. Mayo de 1939.

4° MEMÓRIAS DA ACADEMIA DAS CIÊNCIAS DE LISBOA. Classe de Ciências. Tomo I.

5° *Diários da Navegação da Carreira da Índia nos anos de* 1595, 1596, 1597, 1600 *e* 1603. *Manuscrito da Academia das Ciências de Lisboa*, publicado por ordem da mesma Academia sob a direcção de QUIRINO DA FONSECA.

6° *Novas considerações sôbre o paralelismo de curvas e superficies*, por PEDRO JOSE DA CUNHA.

7° G. PORTEVIN. *Ce qu'il faut savoir pour manger les bons champignons* (*Précis de Mycophagie*) (présenté par M. A. Chevalier).

8° P. DU MANOIR. *Ce qu'il faut savoir des Plantes des montagnes* (présenté par M. A. Chevalier).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les inverses des éléments dérivables dans un anneau abstrait.* Note [1] de M. **P. HEBRONI**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Dans plusieurs Mémoires publiés ailleurs, [2] j'ai considéré des équations différentielles linéaires dans un anneau abstrait R, et j'en ai fait usage pour la recherche des équations intégro-différentielles linéaires. Ici j'énoncerai quelques théorèmes concernant la dérivabilité des inverses des éléments dérivables de R.

Définition. — L'élément a sera appelé *parfait*, si a^{-1} existe et si a et a^{-1} sont dérivables.

THÉORÈME I. — *L'ensemble des éléments parfaits de* R *forme un groupe relatif à la multiplication.*

THÉORÈME II. — *Si a est une constante invariable et si a^{-1} existe et est constant, alors a est parfait.*

THÉORÈME III. — *Si a est constant et parfait, alors a^{-1} est constant.*

Car on a $aa^{-1}=1$, et ainsi à cause de la dérivabilité de a et a^{-1},

$$a'a^{-1}+a(a^{-1})'=0.$$

(1) Séance du 17 juillet 1939.

(2) *Compositio Math.*, 5, 1937, p. 403-429; 6, 1938, p. 258-284. Nous emploierons les notations de ces travaux.

En vertu de $a'=0$, il en suit $a(a^{-1})'=0$, d'où découle

$$(a^{-1})'=a^{-1}a(a^{-1})'=a^{-1}0=0.$$

THÉORÈME IV. — *L'ensemble des éléments parfaits constants forme un groupe relatif à la multiplication.*

THÉORÈME V. — *Si les éléments $a_1, a_2, \ldots, a_n$* sont dérivables et si a_1^{-1}, $a_2^{-1}, \ldots, a_n^{-1}$ *existe et si $(a_1 a_2 \ldots a_n)^{-1}$ est dérivable, alors les éléments $a_1, a_2, \ldots, a_n$ sont parfaits.*

Car on a, pour tout i avec $1 \leqq i \leqq n$

$$a_i^{-1}=a_{i+1}a_{i+2}\ldots a_n a_n^{-1}a_{n-1}^{-1}\ldots a_2^{-1}a_1^{-1}a_1a_2\ldots a_{i-1}=a_{i+1}\ldots a_n(a_1\ldots a_n)^{-1}a_1\ldots a_{i-1}.$$

Lorsque tous les facteurs du troisième membre sont dérivables, a_i^{-1} est dérivable aussi. Par conséquent, a_i est parfait.

THÉORÈME VI. — *Si a est parfait, alors sa valeur initiale l'est aussi.*

Car soient c et $\bar{c}$ les valeurs initiales de a et a^{-1}. De $aa^{-1}=1$, $a^{-1}a=1$ on déduit, en prenant les valeurs initiales, $c\bar{c}=1$, $\bar{c}c=1$. Donc $\bar{c}=c^{-1}$, et puisque $\bar{c}$ est constant, c est parfait (d'après le théorème II).

THÉORÈME VII. — *Soit a dérivable et invertible et soit c la valeur initiale de a. Alors c est invertible et les éléments $c^{-1}a$ et ac^{-1} sont parfaits.*

Car soit z la solution principale de $z'=-a^{-1}a'z$. On aura

$$(az)'=a'z+az'=a'z-aa^{-1}a'z=0.$$

Donc on a, pour k constant, $az=k$. En prenant les valeurs initiales on obtient, puisque la valeur initiale de z est égale à l'unité [3], $c.1=k$. Il s'ensuit $az=c$ et $c^{-1}=z^{-1}a^{-1}$ [4]. Cela démontre la première partie de la proposition. Soit y la solution principale de $y'=ya^{-1}a'$. Alors on a [5] $zy=1$. A cause de $az=c$, on a donc

$$c^{-1}a=c^{-1}azy=c^{-1}cy=y.$$

Mais, y étant une solution principale à inverse dérivable z, est parfait. Par conséquent $c^{-1}a$ est aussi parfait. De la même façon, on démontre que ac^{-1} est parfait.

THÉORÈME VIII. — *Si a est invertible et dérivable et si la valeur initiale c de a est parfaite, alors a est aussi parfait.*

---

(3) *Compositio math.*, 5, 1937, p. 403-429, théorème XXII.

(4) z est invertible d'après théorème XXX (*loc. cit.*).

(5) z est invertible d'après théorème XXI (*loc. cit.*).

Car d'après le théorème VIII, on sait que $c^{-1}a$ est parfait. Puisque c est aussi parfait, la même chose est vraie pour $a = cc^{-1}a$.

On peut généraliser ce théorème comme suit.

THÉORÈME IX. — *Si a est invertible et possède des dérivées jusqu'au $n^{\text{ième}}$ ordre et si la valeur initiale de a est parfaite, alors a possède des dérivées des mêmes ordres.*

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Propriétés de la fonction harmonique* $\log R$ *définie sur le cercle-unité par des suites particulières de ses valeurs.* Note de M. **Lucien Hibbert**, présentée par M. Paul Montel.

Soit $\log R$ (¹) une fonction harmonique régulière dans le cercle ouvert C de rayon-unité. Appelons V une des fonctions harmoniques conjuguées de $\log R$. La fonction analytique $f(z) = Re^{iV}$ est holomorphe dans le domaine ouvert C.

Donnons-nous la suite des valeurs de $\log R$ sur la circonférence C dans les deux hypothèses suivantes. Soit E l'ensemble des points de discontinuité ou des sauts de cette suite de valeurs.

1. *L'un des dérivés de* E *est nul.*

Pour simplifier, admettons que le dérivé E′ soit formé d'un seul point; on a le théorème :

THÉORÈME I. — *Sur la circonférence* C *de rayon unité, soient, dans le sens positif, les points* A_1, B, D, A_∞, *et dans le sens négatif* $A_1, A_2, \ldots, A_\infty$, *le point* A_∞ *étant l'unique point d'accumulation de l'ensemble* $E(A_i)$. *Donnons-nous pour* $\log R$ *la distribution suivante : dans le sens positif, sur* $\overrightarrow{A_1 B}$, $\log R = \log R_B$; *sur* $\overrightarrow{BD}$, $\log R$ *croît d'une manière continue de* $\log R_B$ *à* $\log R_D (R_B < R_D)$; *sur* $\overrightarrow{DA_\infty}$, $\log R = \log R_D$; *dans le sens négatif, sur* $\overrightarrow{A_1 A_2}$, $\log R = \log R_1 > \log R_B$; *sur* $\overrightarrow{A_{k-1} A_k}$, $\log R = \log R_{k-1}$ $(\log R_{k-2} < \log R_{k-1} < \log R_k < \log R_D)$. *Aux points de discontinuité* A_k, *passent toutes les courbes* $\log R =$ const. *de* $\log R = \log R_{k-1}$ *à* $\log R = \log R_k$. *Dans ces conditions :* 1° *la fonction* $f(z)$ *n'a aucun point dans* C *et admet un seul point j à l'intérieur de chacun des intervalles* $\overrightarrow{A_{k-1} A_k}$; 2° *sur une des courbes* R = const. *partant d'un point* M *de* $\overrightarrow{BD}$, V *croît de* V_M *en* M

(¹) Pour les notations et pour les propriétés des courbes $\log R =$ const. et V = const., voir *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1121; 207, 1938, p. 891 et 961.

à $+\infty$ *au point* A_k *où aboutit le parcours positif* R_M *déterminé par le point* M ; 3° *sur* $\overrightarrow{DA_\infty}$, V *croît de* V_D *en* D *à* $+\infty$ *en* A_∞.

Faisons la représentation conforme de C sur le rectangle $(abcd)$ avec A_1 en b et $\overline{A_1A_\infty}$ sur $\overline{ab}$, A_∞ en a; $\overline{A_1B}$ tombe suivant $\overline{b_1B_1}$ et $\overline{A_\infty D}$ suivant $\overline{aD_1}$. Faisons les prolongements analytiques de $f(z)$ à travers $\overline{A_pA_{p+1}}$ ($\log R = \log R_p$), puis $\overline{aD_1}$ et $\overline{aD_2}$ (aD_2 désignant l'homologue de aD_1 dans le prolongement au delà de A_pA_{p+1}) dans les rectangles (bad_1c_1), $(ab_1c_3d_1)$, et (adc_2b); les quatre rectangles entourent a, qui est l'image de A_∞. On voit, en utilisant le principe de symétrie de Schwarz, que le tracé du réseau $[\log R, V]$ du rectangle $(cc_2c_3c_1)$ reste le même, quel que soit le segment $\overline{A_pA_{p+1}}$ utilisé pour le prolongement analytique. Les courbes V = const. forment dans $(cc_2c_3c_1)$ une famille dont le numérotage se déduit de celui de la même famille V dans $(abcd)$. Cette famille V = const. provient d'une fonction harmonique V uniforme dans $(cc_2c_3c_1)$. La famille $\log R$ = const. est la famille orthogonale à la famille V = const.; toutefois, la fonction $\log R$ est une fonction harmonique multiforme dans $(cc_2c_3c_1)$. Les points A_1, A_2, ... A_∞ sont des points centres de la famille V = const., ou points limites de courbes fermées V = const.; donc, en ces points $V = \infty$. L'application du théorème de M. Montel [2] ou celui de M. Lindelöf [3] montre aussi que $V = +\infty$ aux points A_i, $i = 1, \ldots, n, \ldots$; le point A_∞ excepté.

2. *L'ensemble E est parfait discontinu.*

Théorème II. — *Supposons* E *sur la demi-circonférence* C *située au-dessus du diamètre* $\overline{A_1A_2}$; *soient* $l_1, l_2, \ldots, l_n, \ldots$ *les longueurs des intervalles contigus à* E. *A chaque* l_i *associons une valeur* R_i *de* R; *si* l_k *est entre* A_1 *et* A_h, $R_k < R_h$; *si plusieurs intervalles contigus ont la même longueur, on les désignera, dans l'ordre de rencontre, en suivant le sens négatif sur* C *à partir de* A_1, *par* $[l_kR_{1k}]$, $[l_kR_{2k}]$, $\ldots$, $[l_kR_{pk}]$, *où* $R_{1k} < R_{2k} < \ldots < R_{pk}$. *Les valeurs de* $\log R$ *étant distribuées sur les intervalles contigus à* E, *donnons à* $\log R$ *de* A_1 *à* A_2 *dans le sens positif la distribution suivante : de* A_1 *à* B, $\log R = \log R_B$; R *sur* $\overrightarrow{BD}$, $\log R$ *croît d'une manière continue de* $\log R_B$ *en* B *à* $\log R_D$ *en* D ($\log R_B < \log R_D$); *sur* $\overrightarrow{DA_2}$, $\log R = \log R_D$. *Dans ces condi-*

---

[2] Paul Montel, *Leçons sur les familles normales*, Chap. VII, 20, p. 190. Paris, 1927.

[3] Lindelöf, *Sur un principe général d'analyse* (*Act. Soc. Fennicae*, 46, 1915, p. 7).

tions : 1° la fonction $f(z)$ n'a aucun point j dans C et admet un seul point j à l'intérieur de chacun des intervalles $[l_i R_i]$ *contigus à* E; 2° *sur tous les parcours positifs* R_M^n *joignant* M *sur* $\overrightarrow{BD}$ *à un point de* E, V *croît de* V_M *à* $+\infty$ *au point de* E.

Faisons la représentation conforme de C sur le rectangle $(abcd)$; $\overline{A_1 A_2}$ sur $\overline{ba}$, A_1 en b et A_2 en a; $\overline{A_1 B}$ tombe sur $\overline{bc}$, et $\overline{A_2 D}$ sur $\overline{ad}$. On prolonge le réseau [logR, V] de $(abcd)$ dans les rectangles $(bad_1 c_1)$, $(ba_1 d_2 c)$, $(adc_2 b_1)$, $(ab_1 c_3 d_1)$, $(bc_1 d_3 a_1)$; la famille $V = \text{const.}$ du rectangle $(d_2 c_2 c_3 d_3)$ reste la même avec le même numérotage pour tous les prolongements analytiques à partir de $(abcd)$; cette famille $V = \text{const.}$ se déduit d'une fonction harmonique V uniforme dans $(d_2 c_2 c_3 d_3)$. La famille $\log R = \text{const.}$ est orthogonale à la famille $V = \text{const.}$, mais la fonction harmonique $\log R$ est multiforme dans $(d_2 c_2 c_3 d_3)$. Les points de l'ensemble parfait discontinu sont tous des points limites de courbes fermées $V = \text{const.}$, c'est-à-dire des points-centres de la famille $V = \text{const.}$; par conséquent, les courbes V tendant vers les points de E quand V croît, $V = +\infty$ aux points de l'ensemble E.

Ces deux théorèmes s'appliquent, dans le cas des fonctions entières, aux faisceaux de parcours positifs R, qui ne sont pas des faisceaux f_k [4]. Ils montrent que ces faisceaux sont formés de parcours R complets, c'est-à-dire de parcours sur lesquels $V = +\infty$ au sommet du faisceau.

HYDRAULIQUE. — *Veines liquides dans les vannes de fond, les déversoirs et les ponts ou barrages mobiles.* Note [1] de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

Nous avons effectué une série de recherches sur l'écoulement par vannes de fond, sur le déversement des barrages pouvant être noyés, enfin sur le passage de l'eau entre piles de ponts ou de barrages mobiles [2]. Ces divers mouvements présentent certains caractères communs susceptibles d'une certaine généralité :

1° On constate l'existence de veines dénoyées ou entourées de zones

(4) *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 961.

(1) Séance du 24 juillet 1939.

(2) *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 409 et 649; **206**, 1938, p. 96, 164, 1166, 1447, et 1709; **207**, 1938, p. 667; **208**, 1939, p. 420, 623 et 1970; **209**, 1939, p. 14.

tourbillonnaires; après un certain parcours à grande vitesse, ces veines se terminent brusquement, soit par le ressaut classique pour les veines dénoyées, soit, pour les veines noyées, par le phénomène de l'éclatement qui provoque le rétablissement immédiat d'un régime quasi uniforme;

2° Nous avons établi l'expression générale de la perte de charge provoquée par le retentissement et l'éclatement de la veine noyée, dans le cas d'un lit à fond horizontal et à section rectangulaire et montré que cette relation se confond, d'une part, pour les fortes retenues aval, avec la formule classique de Borda, qu'elle généralise, d'autre part, lorsque la veine se dénoie, avec la formule classique du ressaut, qu'elle étend donc également.

3° Quand la veine noyée sépare entièrement deux zones tourbillonnaires, l'écoulement crée une dissymétrie de pression qui provoque une déviation de la veine; celle-ci accentue à son tour la différence de pression initiale par effet centrifuge, de telle sorte que la veine vient finalement s'appliquer sur une paroi ou atteint la surface libre. Dans le cas d'un système initial géométriquement et hydrauliquement symétrique (milieu au repos), l'instabilité de la veine est orientée par la moindre perturbation vers l'une ou l'autre des zones tourbillonnaires latérales; on retrouve le mécanisme des solutions multiples avec indétermination, mises en évidence pour la première fois et particulièrement étudiées par M. Camichel. Comme l'a montré ce dernier, l'indétermination est supprimée si l'on détruit la symétrie initiale, soit géométriquement (expérience du fil), soit hydrauliquement (milieu préparé et opérations non commutatives). On peut, dans le cas d'un système géométriquement dissymétrique, opposer une dissymétrie hydraulique, par un mouvement préexistant dans le milieu aval, assez forte pour vaincre la dissymétrie géométrique et produire un état final opposé à celui qui se serait établi à partir du repos (solutions multiples sans indéterminations). Tous ces phénomènes, comme je l'ai montré, disparaissent quand il existe ou quand on crée une communication hydraulique permettant l'égalisation des pressions entre les deux zones tourbillonnaires situées de part et d'autre de la veine.

4° Quand on fait croître la retenue aval depuis sa plus faible valeur, on observe la même succession de phénomènes : veine dénoyée, écoulement critique avec ressaut, écoulement noyé. Au-delà seulement, l'évolution peut présenter des aspects différents suivant le mouvement étudié. Le passage d'une configuration à une autre se fait parfois sans hystérésis, par exemple lors de l'écoulement critique ; parfois, au contraire, la transition s'accom-

pagne d'hystérésis de telle sorte que, sur le diagramme représentatif des conditions d'écoulement, il y a, au lieu d'une ligne, toute une zone de séparation dans laquelle peuvent être réalisées deux configurations différentes, chacune d'elles étant déterminée par le mouvement antérieur à l'entrée du point de fonctionnement dans cette zone de solutions multiples.

5° Enfin, la similitude de Reech-Froude se vérifie avec une bonne approximation ; en effet, le phénomène comprend essentiellement, soit des veines dans lesquelles le mouvement est accéléré, soit des zones tourbillonnaires ou d'éclatement à grande turbulence ; dans les premières, l'eau se comporte pratiquement comme un fluide parfait ; dans les secondes, la turbulence masque l'influence de la viscosité sur les pertes de charge qui varient comme le carré de la vitesse ; de toute façon, la viscosité propre ne peut intervenir et la similitude de Reech-Froude doit donc s'appliquer aux mouvements étudiés.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur les solutions périodiques du problème des perturbations.* Note [1] de M. **Hervé Fabre**, présentée par M. Jean Chazy.

Le problème des perturbations des planètes et des astéroïdes du système solaire, que nous envisageons avec chaque planète troublante prise séparément (cas planétaire du problème des trois corps), se présente sous deux aspects différents suivant qu'il existe, ou non, une commensurabilité approchée simple des moyens mouvements pouvant affecter l'excentricité, l'inclinaison et les vitesses angulaires du mouvement de révolution n, du mouvement séculaire du nœud j et du mouvement séculaire du périhélie g.

Si une telle commensurabilité n'a pas lieu, on sait que les éléments ci-dessus désignés sont égaux à leurs valeurs du mouvement képlérien osculateur (nulles pour j et g) augmentées de quantités appartenant au premier ordre des perturbations. La représentation des mouvements par des solutions périodiques n'offre pas d'intérêt pratique parce que les périodes s'annoncent d'une longueur excessive (par exemple, 500 000 ans) et que les calculs, avec les tâtonnements que vraisemblablement ils exigeraient, seraient compliqués. La théorie ordinaire des perturbations suffit.

Par contre, cette théorie est pénible à appliquer dans les domaines de commensurabilités qui rendent sensibles les inégalités séculaires d'ordre

(1) Séance du 24 juillet 1939.

supérieur au premier, et nécessitent un nombre plus ou moins grand d'approximations successives. Pour nous en tenir aux petites planètes troublées par Jupiter, les commensurabilités 3/1, 2/1, 5/3, 3/2, 7/5, 4/3,... ont une influence considérable, prévue et vérifiée, sur les éléments des orbites d'excentricité et d'inclinaison petites ([2]). Si l'on prend des orbites plus excentriques (par exemple $e = 0,2$), la commensurabilité 7/3 semble avoir un effet dépendant par ailleurs de l'excentricité de Jupiter. Et d'autres commensurabilités interviennent peut-être pour modifier les orbites fortement inclinées.

Il est avantageux, dans ces cas-là, de considérer les mouvements des astéroïdes comme des déviations de mouvements périodiques voisins, dont la représentation est relativement facile parce que la période est beaucoup moins longue et que l'on doit se donner *a priori* les valeurs de j et g pour en déduire n, e et i. Poincaré a démontré l'existence de solutions périodiques, qu'il a divisées en trois sortes : 1° $i = 0$, e disparaît avec la masse troublante; 2° $i = 0$, e reste différent de zéro si l'on annule la masse troublante; 3° i n'est pas nul.

Plusieurs auteurs ont construit des solutions de première et de deuxième sortes pour exprimer les fortes perturbations provoquées par les commensurabilités du premier et du second ordre ([3]), mais personne, à notre connaissance, ne s'est servi des solutions de troisième sorte. Il convient d'examiner comment elles peuvent être utilisées.

A chaque commensurabilité du premier et du second ordre est associée une zone de mouvements instables que nous avons mise en évidence en nous limitant aux faibles excentricités et inclinaisons; les mouvements réels que l'on étudie s'effectuent dans les voisinages extérieurs de ces zones. Le déplacement des apsides est influencé fortement par la commensurabilité, mais celui des nœuds ne l'est guère qu'à l'intérieur des zones. Il n'y a donc pas à déterminer de perturbation notable des nœuds, en dehors de celle qui est prévue par la théorie classique. D'autre part, la perturbation de la longitude du périhélie est à peu près la même que pour une incli-

([2]) Voir à ce sujet *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 730 et 2054; **209**, 1939, p. 151. Mais on ne connaît qu'un astéroïde, Thulé, dans le domaine de la commensurabilité 4/3, et l'on n'en connaît aucun dans le domaine de 7/5.

([3]) Il faut mentionner particulièrement W.-W. Heinrich qui, en plus de ses travaux sur les solutions de la première sorte, a fait entrer dans le domaine pratique les solutions de la deuxième sorte. (Voir *Publications de l'Institut astronomique de l'Université Charles de Prague*, série II, n^{os} **1**, **2**, **3**, **4** et **12**, 1924-1934.)

naison nulle, si bien que certaines solutions périodiques de première et deuxième sortes sont valables, pour rendre un compte approximatif de cette perturbation, jusqu'à des inclinaisons de 12 à 15°.

Les solutions de troisième sorte, malaisées à construire, n'expliqueraient donc pas autre chose que celles de première et deuxième sortes, dans les régions habituellement considérées. Leurs périodes, du reste, seraient longues, tout comme celles des solutions correspondantes de première et deuxième sortes (par exemple 3000 ans). Si l'on veut imaginer des solutions de troisième sorte à période courte (un ou plusieurs siècles), elles se situeront, pour les inclinaisons faibles, dans les régions des mouvements instables, de même que celles de première et deuxième sortes, et, en admettant leur existence, elles ne pourront être utilisées qu'exceptionnellement, et pendant un temps limité. On peut encore concevoir que le déplacement des nœuds soit grandement influencé, ainsi que celui des apsides, par les commensurabilités lorsque l'inclinaison est très forte, et dans ce cas il pourrait exister des solutions de troisième sorte à période courte, comme Poincaré avait été porté à le croire à propos de Pallas (commensurabilité 18/7, inclinaison sur l'orbite jovienne 34°,38), mais ces solutions seraient difficilement représentables à cause de la complexité des calculs.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la température superficielle des étoiles de type spectral voisin de* AO (¹). Note de MM. **Daniel Barbier** et **Daniel Chalonge**, présentée par M. Ernest Esclangon.

On a pensé pendant de nombreuses années que la température superficielle des étoiles pouvait être déduite directement de l'observation. Cette idée reposait sur l'hypothèse d'une photosphère complètement opaque, c'est-à-dire rayonnant comme un corps noir. Cette hypothèse a dû être abandonnée devant les résultats de l'observation (discontinuité de Balmer) et, pour des raisons théoriques, elle a fait place à l'hypothèse de l'équilibre thermodynamique local. Avec cette nouvelle hypothèse, on doit théoriquement pouvoir déterminer la température superficielle en partant des données expérimentales relatives au spectre continu. Ceci présente d'ailleurs certaines difficultés, car la théorie, sous sa forme actuelle, n'a pu être développée qu'après d'assez grandes simplifications d'ordre à la fois

(¹) Les observations ont été faites à la Station scientifique internationale du Jungfraujoch.

physique et mathématique; elle nécessite, de plus, la connaissance de données, telles que les coefficients d'absorption de la matière stellaire, qui sont encore incertaines sauf en ce qui concerne l'hydrogène.

On peut toutefois, dans les deux cas suivants, mesurer directement la température superficielle T_0. Le premier est celui où l'on peut observer le rayonnement provenant du bord même du disque stellaire. Ce rayonnement, d'après l'hypothèse de l'équilibre thermodynamique local, doit être identique au rayonnement d'un corps noir à la température T_0. Des observations pourraient être faites dans ce but sur des variables à éclipses présentant des éclipses totales.

Le second cas est celui où le coefficient d'absorption de l'atmosphère stellaire est suffisamment grand pour que le rayonnement observé provienne uniquement de la surface de l'étoile car l'étoile doit alors rayonner encore comme un corps noir à la température T_0. L'étude d'une variable à éclipses, dont l'atmosphère absorbe ainsi, doit alors révéler une température de couleur indépendante de la phase et identique à la température superficielle T_0 : dans ce cas, il n'est donc pas nécessaire que l'éclipse soit totale pour que l'on puisse déterminer T_0.

Nous avons cherché si ce second cas n'était pas celui d'Algol (β Pers, B8). Les variations des deux températures de couleur T_1 et T_2 relatives aux deux domaines spectraux séparés par la discontinuité de Balmer ([2]) ont été étudiées en fonction de la phase comptée en jours à partir du minimum principal et sans considération de signes.

Les résultats de plusieurs séries d'observations effectuées à la Station scientifique internationale du Jungfraujoch sont donnés ci-dessous ([3]).

Phase	0,014	0,043	0,066	0,124	Hors éclipse
T_1	14000	15500	15500	17500	17000
Poids	8	9	3	6	14
T_2	12500	12500	12500	12000	13000
Poids	6	7	3	5	14

([2]) Pour plus de précision, voir ARNULF, BARBIER, CHALONGE, Mlle CANAVAGGIA, *Journal des Observateurs*, **19**, 1936, p. 149; ARNULF, BARBIER, CHALONGE, SAFIR, *Annales d'Astrophysique*, **1**, 1938, p. 293; ARNULF, BARBIER, CHALONGE, SCHAHMANÈCHE, Mlle MORGULEFF, *ibid.*, **1**, 1938, p. 402.

([3]) Les diverses déterminations ont été réduites à une échelle uniforme et rendues ainsi comparables. La discussion qui a conduit à ce résultat n'a pas encore été publiée car elle pourra subir encore de petites modifications lorsque quelques mesures en cours ou en projet auront été achevées : le zéro des échelles résultant de cette discussion (c'est-à-dire les températures de couleurs T_1 et T_2 pour les étoiles AO) est : $T_1 = 17000°$ entre 4500 et 3700 Å, et $T_2 = 10500°$ entre 3700 et 3150 Å.

On constate que, bien que les mesures aient une précision suffisante pour montrer la variation de T_1, T_2 reste pratiquement invariable et doit donc être considéré comme la température superficielle de l'étoile. On peut étendre le résultat en remarquant que, pour toutes les étoiles présentant une forte absorption continue par l'hydrogène (discontinuité plus grande que pour Algol), la température superficielle doit être précisément T_2.

Le tableau ci-dessous donne, par suite, d'après nos déterminations de T_2(¹), les valeurs de la température superficielle pour divers types spectraux.

Type spectral Harvard.......	B 8	B 9	A 0	A 2	A 3	A 5
Nombre d'étoiles observées..	10	4	17	10	5	8
Température superficielle....	14000	14000	10500	10000	10500	9500

A partir de ces données on peut calculer les températures effectives correspondantes par la formule classique $T_e^4 = 2T_0^4$. On obtient ainsi, pour les étoiles AO, $T_e = 12500°$.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Calcul de la surface utile des membranes des détendeurs.* Note (¹) de M. **Jean Lichtens**, transmise par M. Aimé Cotton.

Nous traiterons ici des membranes qui n'opposent aucune résistance appréciable à la flexion et qui ne subissent pas d'allongement élastique sensible pour les pressions auxquelles elle sont soumises. Ces membranes, fixées sur une ouverture circulaire de rayon R, ont une forme qui leur permet de prendre, sous l'influence d'une force ou d'une pression, une *flèche*, en d'autres termes, d'avoir un *débattement* par rapport à leur position de repos ou position *neutre*. Dans la pratique, une telle membrane est toujours munie dans la partie centrale d'un disque rigide de rayon r, ou *flasque* qui augmente sa surface utile. Nous désignerons par a la distance entre les plans des cercles de rayons R et r.

La surface utile est définie comme le rapport entre la force P agissant au centre de la membrane et la pression p qui la tient en équilibre. Nous avons cherché une formule pour le rapport K entre la surface utile et la surface totale πR^2 de la membrane

$$K = \frac{P}{p\pi R^2}. \qquad (1)$$

(¹) Séance du 24 juillet 1939.

Considérons une petite partie de la surface (de révolution) de la membrane comprise entre deux plans méridiens faisant un petit angle $d\alpha$ et deux arcs de parallèles dont les rayons diffèrent d'une petite quantité $d\alpha$. On peut assimiler son aire à celle d'un rectangle de largeur $x d\alpha$ et de hauteur $\rho d\beta$, ρ étant le rayon de courbure de la génératrice de la membrane à cet endroit, $d\beta$ l'angle entre les deux normales.

Les forces agissant sur cette aire sont 1° P_s normale à la surface de la membrane et égale à $p\rho\, d\beta\, d\alpha$ (on peut négliger l'angle que fait cette pression résultante avec l'axe, a étant toujours petit); 2° Les forces tangentielles résultant de la tension de la membrane : les seules qui donnent une résultante pouvant équilibrer P_s sont les deux tensions radiales opposées contenues dans le plan méridien moyen et qui sont sensiblement égales en valeur absolue. Désignons par $s d\alpha$ leur valeur commune : leur résultante a pour valeur approchée $s d\alpha\, d\beta$. Écrivons qu'elle équilibre la pression résultante P_s; on a

$$p\rho\, d\beta\, x\, d\alpha = s\, d\alpha\, d\beta.$$

Pour de petites valeurs de y' on peut poser $1/\rho = -y''$, et l'on obtient $y'' = -p/s\,x$.

Tenant compte des conditions aux limites $x = \mathrm{R}$, $y = 0$; $x = r$, $y = a$; on tire de là

$$y'_1 = \frac{p}{s}\left[\frac{1}{6}(\mathrm{R}^2 + \mathrm{R}r + r^2) - \frac{x^2}{2}\right] - \frac{a}{\mathrm{R} - r} \quad \text{et} \quad y'_r = \frac{p}{6s}[\mathrm{R}^2 + \mathrm{R}r - 2r^2] - \frac{a}{\mathrm{R} - r}.$$

La composante verticale de la force transmise par la membrane au flasque est

$$\mathrm{P}_{\mathrm{MV}} = 2\pi s y'_r = \frac{\pi p}{3}(\mathrm{R}^2 + \mathrm{R}r - 2r^2) - \frac{2\pi s a}{\mathrm{R} - r};$$

tandis que la force P_F agissant directement sur le flasque est égale à $p\pi r^2$. La somme de ces deux forces est

$$(2) \qquad \mathrm{P} = \mathrm{P}_{\mathrm{MV}} + \mathrm{P}_\mathrm{F} = \frac{p\pi}{3}(\mathrm{R}^2 + \mathrm{R}r + r^2) - \frac{2\pi s a}{\mathrm{R} - r}.$$

La tension radiale s apparaît dans cette équation comme inconnue; elle dépend de la forme de la génératrice de la membrane, donc de la longueur L de celle-ci. Cette longueur L peut être calculée en fonction de la flèche maximum $a_{\max}$ de la membrane. Dans cette position la génératrice devient une droite, et l'on peut écrire en tenant compte de la

petitesse de a_{max}

$$L = R - r + \frac{a_{max}^2}{2(R-r)}.$$

Or la longueur L est également déterminée par la relation

$$L = \int_r^R \sqrt{1+y'^2\,dx};$$

y'^2 étant petit, on peut écrire

$$L = \int_r^R \left(1 + \frac{y'^2}{2}\right) dx.$$

On obtient ainsi

$$s = \frac{p(R-r)^2\sqrt{4R^2+7Rr+4r^2}}{6\sqrt{5a^2_{max}-5a^2}}.$$

Finalement, tenant compte de (1) et (2), on obtient l'équation cherchée, donnant le rapport entre surface utile et surface réelle

$$K = \frac{1}{3}\left(1 + \frac{r}{R} + \frac{r^2}{R^2} - \frac{a\left(1-\frac{r}{R}\right)\sqrt{4+7\frac{r}{R}+4\frac{r^2}{R^2}}}{\sqrt{5\,a_{max}^2 - 5\,a^2}}\right).$$

Nous avons pu constater que cette formule concordait bien avec les résultats de nos essais. La formule empirique que proposaient MM. A. Pignot et H. Gaudry pour le rapport K (dans la position neutre) conduisait à des valeurs qui ne s'écartent pas beaucoup de celles obtenues avec la nôtre.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la théorie et la réalisation des générateurs continus à très haute tension utilisant un courant de poussières.* Note de MM. **Max Morand** et **André Raskin**, transmise par M. Charles Fabry.

Les poussières ayant traversé un ioniseur peuvent transporter un courant électrique intense, à condition que l'on réalise l'ioniseur de manière très soignée et que l'on porte ses fils à un potentiel assez élevé [1] pour conserver un débit d'effluve suffisant malgré l'étouffement de l'effet couronne [2]. Mais

(1) M. Morand et A. Raskin, *Bulletin de la Société royale des Sciences de Liége*, 1938, nos 3-4, p. 176.

(2) M. Pauthenier et Mme Moreau-Hanot, *Journal de Physique*, 8, 1937, p. 193; 6, 1935, p. 257.

ce courant ne parvient au collecteur que si l'on peut éviter la production d'effluves parasites par les parties métalliques situées à la sortie de l'ioniseur, car ces effluves donnent des ions gazeux de signe contraire à la charge des poussières, et celles-ci sont ainsi immédiatement déchargées. Nous avons étudié ce phénomène dans plusieurs cas de grande inportance pratique et nous résumerons seulement ici la théorie complète que nous avons faite et vérifiée.

Négligeons d'abord les effets électrostatiques dus à la charge électrique que peut recevoir la paroi interne du tube isolant où circule le courant d'air. Les effluves parasites sont alors dus uniquement au champ électrique créé par la charge électrique totale de la colonne de poussière située entre la sortie de l'ioniseur et le collecteur. Soit ρ la densité spatiale de cette charge; pour une colonne dont le rayon R est petit devant sa longueur, le champ au centre de la sortie de l'ioniseur, dû à cette colonne, a pour valeur $E = 2\pi R\rho$. La théorie et l'expérience montrent que les effluves parasites commencent quand ce champ atteint une valeur E_0 de l'ordre de 7000 volts/cm. Soit ρ_0 la densité correspondante : $E_0 = 2\pi R\rho_0$ (1). Pour pouvoir augmenter le débit électrique fourni par un ioniseur, en donnant à la densité une valeur $\rho > \rho_0$, il faut créer, à la sortie de l'ioniseur, un champ électrique de sens inverse et égal à $2\pi R(\rho - \rho_0)$. Si la paroi du tube isolant ne reçoit aucune charge électrique appréciable, on peut obtenir très simplement ce résultat en entourant le tube, à la sortie de l'ioniseur, d'un anneau conducteur mis au sol : les charges, de signe contraire à la charge des poussières, attirées par influence sur cet anneau, créent un champ que l'on peut calculer et qui est suffisant pour permettre d'augmenter notablement la valeur de ρ. L'expérience, réalisée sur une machine équipée avec des tubes de verre électrostatique, a permis de vérifier complètement cette théorie; un débit de 300 μA par ioniseur a ainsi été obtenu avec un tube de 12 cm de diamètre et une vitesse de courant d'air de 90 m/sec. On remarquera que, par suite de la relation (1), le débit électrique de la machine, à vitesse de courant d'air constante, est seulement proportionnel à R.

La nécessité d'utiliser des tubes isolants de plusieurs mètres de longueur pour réaliser des tensions supérieures à 10^6 volts, nous a conduits à étudier le comportement de tubes de bakélite de très bonne qualité, dont la résistivité, à la température ambiante, est beaucoup plus élevée que celle du verre. Nous avons alors constaté que la présence d'un anneau de garde mis au sol est incapable d'assurer, dans ces conditions, à lui seul, le débit

correspondant à la théorie précédente. Ce fait est dû au débit électrique reçu par la face interne du tube, soit par turbulence, soit par répulsion électrostatique des poussières. L'équilibre électrique ne peut s'établir que par la conductibilité électrique transversale, qui fait passer les charges à la surface externe, car la conductibilité superficielle sur la face interne est insuffisante, dans des conditions d'isolement convenable, pour assurer l'écoulement de ces charges. Par suite de la grande résistivité de la bakélite, à la température ambiante, le débit électrique traversant ainsi la paroi correspond à une différence de potentiel de 50 à 100 000 volts entre ses faces. Cette différence de potentiel donne naissance à un champ électrique de même sens que le champ E; on peut évaluer son ordre de grandeur en remarquant qu'il s'exerce à la sortie de l'ioniseur sur une distance de l'ordre de R.

Ce champ est normalement de l'ordre de plusieurs milliers de volts/cm et le débit de l'ioniseur est très faible. Pour obtenir un débit important, il est nécessaire d'entourer le tube de bakélite, à la sortie de l'ioniseur, d'un manchon chauffant permettant de donner à la bakélite une conductibilité transversale suffisante (l'échauffement par le courant d'air, à la même température, de la face interne seulement ne suffit pas, ce qui prouve qu'il s'agit bien de conductibilité transversale). Avec une nouvelle machine à 4 ioniseurs du type précédemment décrit ([3]) réalisé avec des tubes de bakélite de 21 cm de diamètre et de 5 mm d'épaisseur, nous avons ainsi pu obtenir facilement un débit de 250 μA par ioniseur, et espérons atteindre, par ioniseur, le débit de 500 μA qui correspondrait au débit de 300 μA déjà réalisé avec la première machine. Cette nouvelle machine, dont les distances d'isolement sont suffisantes pour atteindre un million de volts, a déjà fonctionné, avec une parfaite régularité, pendant plusieurs jours, sous une tension initiale d'essai de l'ordre de 700 000 volts. Son collecteur contient un alternateur de 2 kv mû par un arbre isolant de 3 m de long et servant à alimenter, au moyen de transformateurs et de contacts tournants, des ioniseurs intérieurs et la source d'ions d'un tube à neutrons (50 000 volts, 30 mA).

([3]) A. Raskin, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 170.

PHOTOMÉTRIE. — *Emploi de cellules photoélectriques au sélénium pour la photométrie de précision.* Note de M. **Jean Terrien**, transmise par M. Charles Fabry.

Les cellules photoélectriques à couche d'arrêt au sélénium ne sont généralement pas en faveur pour la photométrie de précision; on garde une préférence pour les mesures visuelles. Il me paraît pourtant certain qu'on peut, pour la comparaison de l'intensité de deux étalons lumineux à incandescence ayant sensiblement la même couleur (ou pour d'autres mesures analogues), les employer avec avantage malgré leurs défauts, dont j'élimine les effets de la façon suivante :

1° Les indications de la cellule ne varient pas linéairement avec l'éclairement, et surtout, elles ne sont pas fidèles; elles changent avec le temps, la température etc. Or l'œil est encore plus mauvais et ne peut que déterminer l'égalité de brillance de deux plages contiguës. Je demanderai de même à la cellule de fournir la preuve d'une égalité d'éclairement, et je m'affranchirai entièrement de ses infidélités en contrôlant fréquemment (toutes les 2 ou 4 secondes par exemple) ses indications devant une lampe-tare constante. Dans le montage que j'ai réalisé, la cellule, montée sur pivot et commandée à distance par l'opérateur assis devant les appareils électriques de mesure, est exposée alternativement au rayonnement de la lampe-tare constante et d'une des lampes étalons à comparer; on modifie les distances jusqu'à ce que la cellule réagisse d'une façon identique dans les deux positions. On recommence sur l'autre lampe étalon. Le rapport des intensités se déduit des mesures des distances, si l'on est sûr d'avoir bien réalisé des éclairements égaux sur le plan de la cellule.

2° Mais la cellule n'a pas la courbe de sensibilité de l'œil moyen, d'où erreur possible dès que les compositions spectrales des rayonnements ne sont pas identiques. Dans le cas de lampes à incandescence (cas très important des étalons secondaires d'intensité lumineuse, auquel je me borne ici), le spectre continu émis est caractérisé à peu près entièrement par la température de couleur. Les cellules au sélénium sont plus sensibles aux lampes à température moins élevée; mais pour certaines cellules sélectionnées (Tungsram), la différence est inférieure au centième entre 2045°K. et 2360°K.; les erreurs deviennent alors négligeables lorsque l'on compare des lampes dont la température de couleur est la même à une dizaine de degrés près, et l'on réalise avec certitude l'égalité des éclairements.

Cette méthode a été expérimentée sur deux groupes de six lampes très soigneusement étalonnées par la méthode visuelle au Laboratoire central d'Electricité; l'un des groupes fonctionne à 2045°K., l'autre à 2360°K.; elle a donné des résultats parfaitement en accord avec l'étalonnage visuel, dans les limites d'incertitude de ce dernier.

Les mesures sont très rapides; leur précision est limitée actuellement par le manque de fidélité des lampes. Le montage indiqué dans cette Note permet précisément d'étudier les variations des étalons d'intensité (période d'allumage, légers chocs, contacts imparfaits entre culot et douille etc.) dans d'excellentes conditions.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Développement dans le temps des réactions en chaînes dans une masse uranifère.* Note [1] de M. **Félix Adler**, présentée par M. Jean Perrin.

En traitant les conditions éventuelles de transmutation en chaîne de l'uranium, Francis Perrin [2] a déterminé la dimension critique d'une masse uranifère en considérant le régime permanent pour une sphère.

D'autre part, en partant de l'équation de la diffusion contenant le temps, S. Flügge [3] a calculé la variation du nombre de neutrons contenus dans une sphère uranifère, qui se trouve dans un milieu infini de la même substance, lorsque N_0 neutrons se trouvent initialement au centre, et en a déduit une évaluation du rayon critique.

On peut traiter le même problème pour une sphère uranifère finie qui se trouve dans un milieu quelconque. Se bornant au cas où ce milieu ne diffuse pas appréciablement les neutrons, on a

$$\frac{\partial F}{\partial t} = D\Delta F + KF, \qquad K = \bar{v}\left[n(\nu_0 - 1)S_a - \sum_i n_i S_{a_i}\right],$$

où n est le nombre d'atomes d'uranium par unité de volume, S_a la section efficace d'absorption de leurs noyaux pour des neutrons rapides, n_i, S_{a_i} les mêmes quantités pour les autres espèces d'atomes présents. D est la constante de diffusion des neutrons, $\bar{v}$ leur vitesse moyenne, F leur densité qui

---

(1) Séance du 3 juillet 1939.

(2) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1394 et 1573.

(3) *Die Naturwissenschaften*, **27**, 1939, p. 402.

doit satisfaire sur la sphère à la condition $F = \lambda/3\, \partial F/\partial r \cong 0$, λ étant petit par rapport à R, et ν_0 le nombre moyen de neutrons émis par neutron absorbé dans l'uranium.

Se bornant aux solutions générales de symétrie sphérique on trouve pour F, en fonction de la distance au centre,

$$F(r, t) = \frac{1}{r} e^{Kt} \left\{ \sum_{n=1}^{\infty} A_n e^{-\frac{n^2\pi^2 D}{R^2} t} \frac{1}{\sqrt{2\pi R}} \sin \frac{n\pi}{R} r + \sum_{n=0}^{\infty} B_n e^{-\frac{\left(n+\frac{1}{2}\right)^2 \pi^2 D}{R^2} t} \frac{1}{\sqrt{2\pi R}} \cos \frac{\left(n+\frac{1}{2}\right)\pi}{R} r \right\},$$

$$A_n = \frac{4\pi}{\sqrt{2\pi R}} \int_0^R dr\, r^2 \frac{\sin \frac{n\pi}{R} r}{r} F(r, 0), \qquad B_n = \frac{4\pi}{\sqrt{2\pi R}} \int_0^R dr\, r^2 \frac{\cos \frac{\left(n+\frac{1}{2}\right)\pi}{R} r}{r} F(r, 0).$$

S'il n'y a pas de source permanente à l'origine, tous les B_n s'annulent. De suite on voit que la chaîne ne s'arrête pas si un $A_n \neq 0$ existe pour l'indice duquel

$$K - \frac{n^2\pi^2 D}{R^2} \geq 0.$$

Soit N_0 le nombre des neutrons contenus dans la sphère au temps $t = 0$ et qui sont tous près de $r = 0$. Dans ce cas on trouve

$$A_n = \frac{n\pi}{R} \frac{N_0}{\sqrt{2\pi R}}, \qquad B_n = 0,$$

$$F(r, t) = \frac{N_0}{2R^2} \frac{1}{r} e^{Kt} \sum_{n=1}^{\infty} n \sin \frac{n\pi}{R} r e^{-\frac{n^2\pi^2 D}{R^2} t} = -\frac{N_0 e^{Kt}}{2\pi} \frac{1}{R} \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \vartheta_3 \left[\frac{\pi}{2R} r;\, e^{-\frac{\pi^2 D}{R^2} t} \right].$$

Donc, le rayon critique est donné par

$$R_c = \pi \sqrt{\frac{D}{K}} = \pi \sqrt{\frac{\lambda}{3}} \left[n(\nu_0 - 1) S_a - \sum_i n_i S_{ai} \right]^{-\frac{1}{2}}.$$

Cette expression est identique à celle obtenue par F. Perrin. La transformation des fonctions ϑ_3 de Jacobi donne pour F une série qui est rapidement convergente pour des petits t :

$$F(r, t) = N_0 \frac{e^{Kt}}{(4\pi D t)^{\frac{3}{2}}} \sum_{n=0}^{\infty} \left(1 + 2\frac{R}{r} n\right) e^{-\frac{r^2}{4Dt}\left(1 + 2\frac{R}{r} n\right)^2}.$$

Ainsi, pour t très petit, on retombe sur l'expression donnée par Flügge,

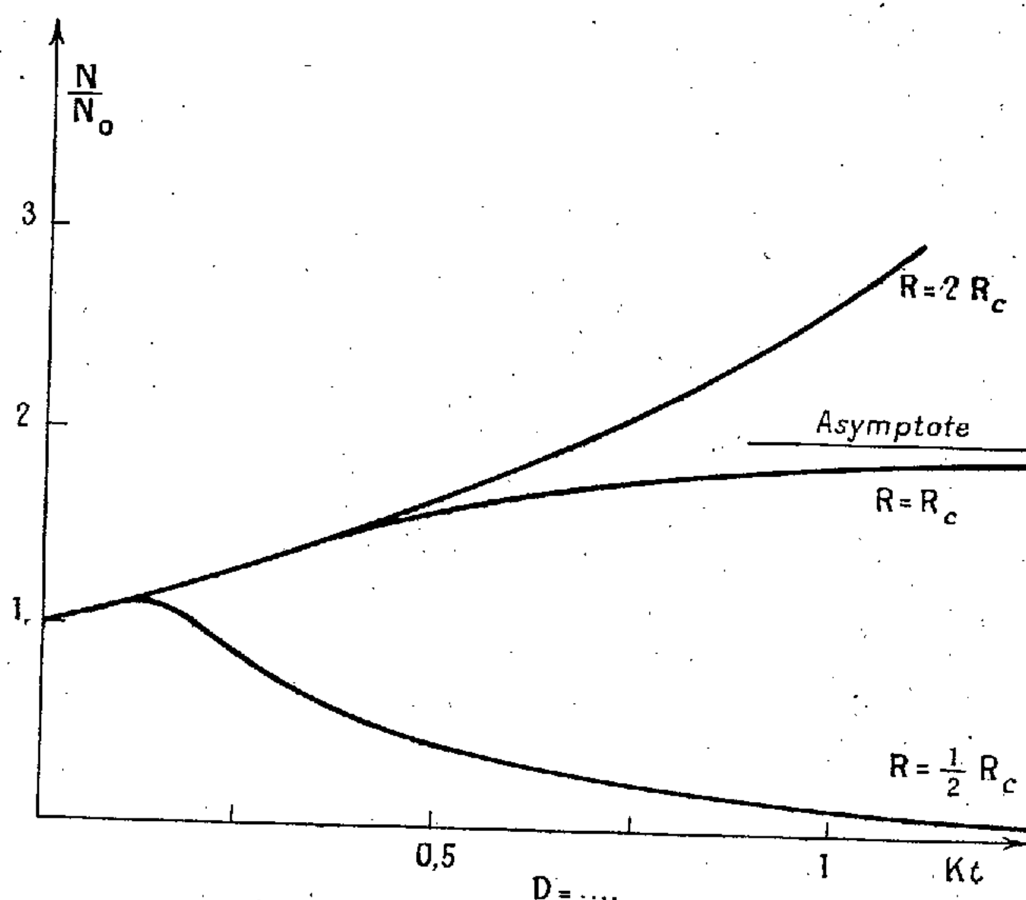
parce que, pour ce temps t, le milieu entourant la sphère n'influence pas encore appréciablement F.

Le nombre $N(t)$ des neutrons présents dans la sphère au temps t est

$$N(t) = -N_0 2 \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n e^{Kt} e^{-\frac{n^2\pi^2 D t}{R^2}}$$

$$= N_0 e^{Kt} \left\{ 1 - \vartheta_3\left(\frac{\pi}{2}, e^{-\frac{\pi^2 D}{R^2} t}\right) \right\} = N_0 e^{Kt} \left\{ 1 - \frac{R}{\sqrt{\pi D t}} \sum_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{R^2}{Dt}\left(n+\frac{1}{2}\right)^2} \right\}.$$

On voit que N augmente pour t très petit, quelque soit R par rapport à R_c. En considérant les séries données, on trouve les courbes ci-dessous



pour $N(t)$. On trouve les mêmes formules en traitant le cas des chaînes se propageant par des neutrons thermiques seulement, si l'on fait les mêmes suppositions sur le ralentissement que Flügge; il ne faut que substituer le λ de Flügge pour K. On trouve $R_c = 72$ cm pour la température ordinaire.

PHYSICOCHIMIE. — *Action de l'ammoniac sur les collodions.* Note [1] de M. JEAN GRÉVY.

Nous avons signalé [2] les variations de viscosité considérables que présentent les collodions alcool-éther de nitrocellulose sous l'influence de faibles quantités d'ammoniac ou de bases organiques. La viscosité commence par croître, passe par un maximum, puis décroît dans de très fortes proportions.

Une étude chimique du phénomène nous a montré que le coton-poudre se trouve partiellement dénitré, tandis qu'une fraction de l'ammoniac libre du collodion disparaît. L'azote nitrique perdu par le CP et l'azote ammoniacal disparu se retrouvent en grande partie sous forme de nitrite et de nitrate d'ammoniaque. Daniloff et Mirlass [3] ont étudié l'action, à chaud, de solutions aqueuses d'ammoniaque sur des nitrocelluloses solides, et ont abouti à des conclusions analogues.

Une étude plus poussée de la cinétique des variations de viscosité des collodions sous l'influence de l'ammoniac semble montrer, à première vue, que le phénomène est difficilement reproductible avec fidélité. Certains collodions subissent, avant la chute de viscosité finale, une augmentation considérable, alors que chez d'autres, l'augmentation initiale est à peine sensible. Nous avons constaté que l'amplitude de la phase initiale était étroitement liée à l'état de vieillissement du collodion sur lequel on opère.

En effet, si, comme nous l'avons montré [4], les collodions dilués présentent une viscosité stable dans le temps lorsqu'on les conserve dans des récipients en verre bien neutre tel que le pyrex, les collodions concentrés subissent, quels que soient les soins apportés à leur préparation et à leur conservation, une diminution importante de viscosité avec le temps. A titre d'indication, une solution de 4 % en poids de CP_2 non stabilisé dans l'alcool-éther 35/65 perd 35 % de sa viscosité pendant la première semaine, puis, durant le mois suivant, environ 1 % par jour.

Ces collodions, suivant qu'ils sont fraîchement préparés ou vieillis, se comportent différemment lorsqu'on leur ajoute de l'ammoniac. Le gra-

---

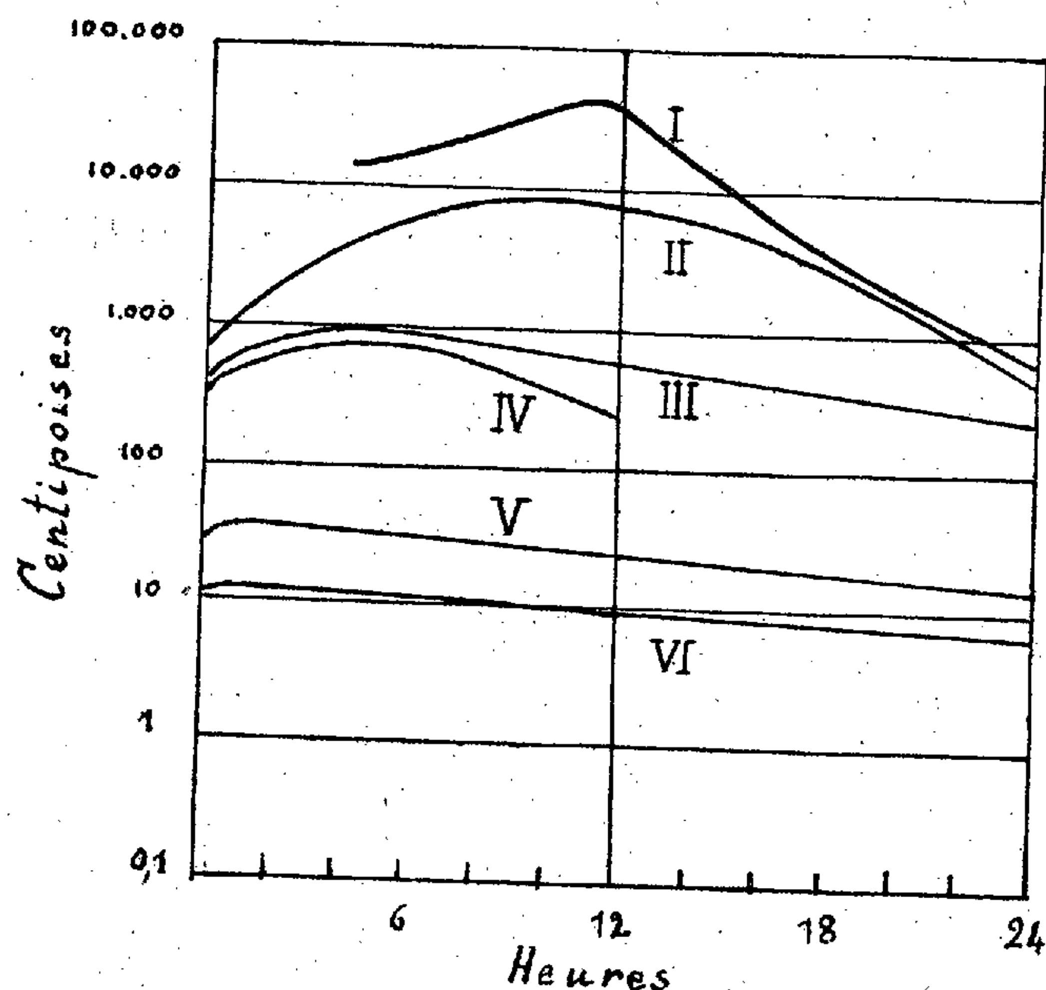
(1) Séance du 24 juillet 1939.

(2) P. PASCAL et J. GRÉVY, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 726.

(3) *J. Ch. Gen. Russe*, 4, 1934, p. 319.

(4) J. GRÉVY, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 480.

phique suivant représente l'évolution de la viscosité de divers collodions alcool-éther 35/65 de CP_2 non stabilisé, additionnés de $0^g,1$ de gaz ammoniac pour 100^g de collodion.



I. Concentration 3,8 %. Dissolution directe du CP dans le mélange alcool-éther-ammoniac. — II. Concentration 4 %. Addition de l'ammoniac au collodion aussitôt après sa préparation. — III. Concentration 4 %. Addition de l'ammoniac après vieillissement de 15 jours. — IV. Concentration 4 %. Addition de l'ammoniac après vieillissement de 45 jours. — V. Concentration 0,8 %. — VI. Concentration 0,4 %.

L'augmentation de viscosité la plus considérable se produit dans l'expérience I, dans laquelle le CP est dissous dans un solvant déjà ammoniacal; elle atteint 50 fois la viscosité d'un collodion pur de même concentration. Les augmentations de viscosité présentées par les collodions II, III et IV sont d'autant plus faibles et leur évolution d'autant plus rapide que les expériences sont effectuées sur des collodions plus vieillis, elle peut n'atteindre que le double de la viscosité normale. Pour les collodions dilués (essais V et VI) elle est à peine sensible. Il semble donc y avoir une relation très nette entre la susceptibilité des collodions à l'ammoniac et leur état de dispersion plus ou moins complet, que l'on peut apprécier par la constance de leur viscosité dans le temps.

Des essais en cours semblent montrer que les collodions de CP stabilisé ne présentent pas l'augmentation de viscosité initiale sous l'influence de

l'ammoniac, bien qu'ils ne soient pas alors en état de stabilité viscosimétrique. Par contre, nous observons des phénomènes tout à fait analogues dans l'étude de l'action de l'ammoniac sur les solutions benzéniques de caoutchouc.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Au sujet du revenu de la solution solide aluminium-magnésium.* Note de MM. **Paul Lacombe** et **Georges Chaudron**, transmise par M. Charles Mauguin.

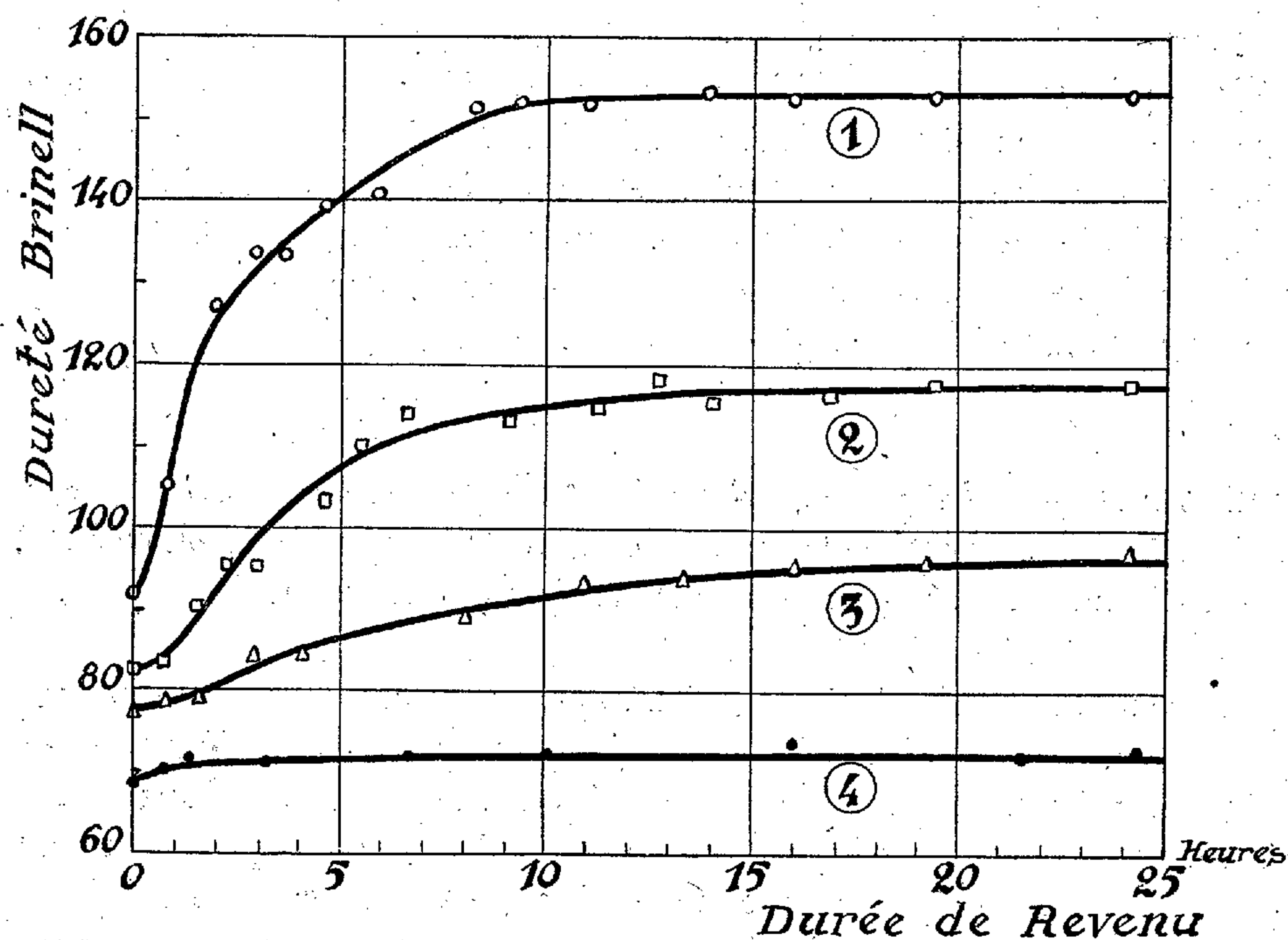
Nous avions indiqué (1) que la solution solide aluminium-magnésium se décomposait par revenu à 200° sans donner lieu à un durcissement structural appréciable. MM. Calvet, Guinier, Jacquet et Silberstein (2) ayant précisé qu'ils étaient en désaccord avec nous sur ce point important et sur l'existence *d'un état ordonné précédant la précipitation*, nous tenons à apporter un complément expérimental à notre étude antérieure.

Sur les mêmes alliages à 9, 11, 12 et 13,5 % de magnésium, préparés à partir de métaux extra-purs et qui servirent à nos mesures de paramètre, nous avions à la même époque étudié la variation de la dureté Brinell en fonction de la durée de revenu à la température particulière de 200°. La figure 1 résume nos résultats. Les courbes 1, 2, 3, 4 correspondent respectivement aux alliages 13,5; 12; 11 et 9 %. On constate que l'augmentation de la dureté est très faible pour l'alliage à 9 %, même pour un revenu très prolongé, alors qu'elle est très nette et proportionnelle à la teneur en magnésium pour les fortes teneurs.

L'étude simultanée aux rayons X précise l'origine de ce durcissement. En effet la comparaison des raies 511-333 du doublet $K\alpha_1\,\alpha_2$ (qui correspondent à un grand angle de diffraction) montrent que la dureté cesse de croître dès que le doublet peut être résolu à nouveau, c'est-à-dire quand la précipitation est terminée pour tous les individus cristallins. La solution solide restante a alors le paramètre correspondant à la teneur en magnésium d'équilibre donnée par la courbe de solubilité. La variation de dureté dans ce cas est donc provoquée par l'apparition d'une seconde phase : elle est comparable à la dureté des alliages antifriction où dans une matrice molle sont noyés des cristaux plus durs d'eutectique ou de composé défini. Il ne s'agit donc pas d'un durcissement structural proprement dit.

(1) P. Lacombe et G. Chaudron, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 860.
(2) M. Calvet, Guinier, Jacquet et Silberstein, *Comptes rendus,* 208, 1939, p. 1903.

Pour éviter toute ambiguïté, nous proposons d'appeler durcissement banal celui qui est dû à la seule précipitation d'une seconde phase en opposition avec le durcissement structural qui doit être réservé à la variation de dureté observée en phase homogène. C'est le cas de la solution solide aluminium-cuivre dont la dureté, par revenu à la



température ordinaire, passe par un maximum bien avant toute précipitation. Il en est de même pour les alliages Al — Mg^2Si, Al — Ag ([3]) et comme nous l'avons montré récemment pour le ternaire Al — Mg — Zn ([4]). Pour distinguer les deux genres de durcissement, banal et structural, nous proposons de suivre les étapes du revenu par la mesure de la limite élastique de préférence ou simultanément à celle de la dureté.

L'état ordonné de la solution solide aluminium-magnésium précédant toute précipitation est mis en évidence par les maxima de paramètre et surtout par l'affinement de chacune des raies 511-333 du doublet $K\alpha_1\alpha_2$. Nous avons pu séparer plus nettement les deux étapes du revenu, état ordonné et précipitation proprement dite, en effectuant un revenu à plus basse température (140°) sur un alliage à 12,5 % de magnésium. Le tableau ci-dessous résume ces mesures.

([3]) L. GUILLET et L. GUILLET fils, *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 79.
([4]) P. LACOMBE et G. CHAUDRON, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1731.

Traitement thermique.	Paramètre.	Traitement thermique.	Paramètre.
Trempé à 445°.........	$4,107_8$	Revenu 3h 30m à 140°....	$4,113_3$
Revenu 1h 30m à 140°....	$4,110_4$	» 4h 30m »	$4,112_2$
» 2h 30m »	$4,111_7$	» 5h 30m »	$4,110_1$

Au début du revenu nous avons toujours observé des raies parfaitement déliées qui permettent d'utiliser toute la précision de notre méthode (diagramme en retour fidèle à $\pm 0,0002$ Å) (5). Le fait que les auteurs précités obtiennent des raies floues à toutes les étapes du revenu provient très certainement de l'emploi d'échantillons sous forme pulvérisée, préparation qui provoque des tensions d'écrouissage, auxquelles ces alliages à forte teneur en magnésium sont plus sensibles.

COLLOÏDES. — *Changements dans la structure colloïdale du goudron de houille par évaporation progressive du liquide interparticulaire.* Note (1) de M. **André Léauté**, transmise par M. Georges Charpy.

Le goudron de houille fournit l'exemple d'une suspension stable, où des particules, dont les dimensions vont jusqu'à quelques centièmes de millimètre et qui sont principalement formées de carbone, sont dispersées dans un milieu huileux (2). Le liquide interparticulaire s'évapore progressivement, quand le goudron, épandu en couche mince, est soumis à une élévation de température ou à une ventilation prolongée; en même temps, la structure de l'émulsion éprouve des changements, qui n'avaient pas été analysés jusqu'ici avec précision.

Dispositif expérimental. — Bien que l'examen d'un goudron au microscope donne une impression d'ensemble qui est assez caractéristique de la catégorie dans laquelle on peut le ranger, il existe de telles variations d'aspect d'un point à un autre de la préparation que, pour apprécier l'évolution de la substance, il faut, à périodes échelonnées, viser rigoureusement le même point de l'échantillon. L'échantillon (de 10µ environ d'épais-

(5) J. Bénard, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 912.

(1) Séance du 24 juillet 1939.

(2) Il semble aujourd'hui établi que la stabilité est due à l'action de résines colloïdales, partiellement adsorbées à la surface de particules de carbone.

seur) est placé à demeure sous l'objectif d'un microscope Zeiss pendant une centaine d'heures, et, pendant ce temps, la couche mince de goudron (de masse connue) est soumise, après photographie initiale, soit à un soufflage d'air réglé par un tube de Pitot, soit à une température de 60° (± 5°) C. obtenue par chauffage électrique et contrôlée par des montres fusibles. La structure microscopique est photographiée après des durées de 5, 24, 48, 72 et 110 heures. La perte de poids ne peut être déterminée qu'à l'issue de l'exposition totale et à 1 °/₀ environ. Le grossissement sur les positifs photographiques a été tantôt de 1200, tantôt de 3800.

Résultats. — Les résultats, dont le détail sera publié dans un autre Recueil, permettent de formuler les conclusions que voici :

a. Pendant les premières heures, bien que l'évaporation soit à ce moment la plus active, la structure ne subit pas de modification nettement perceptible. Exemple figures 1 et 1 *bis*, relatives à un goudron déshydraté

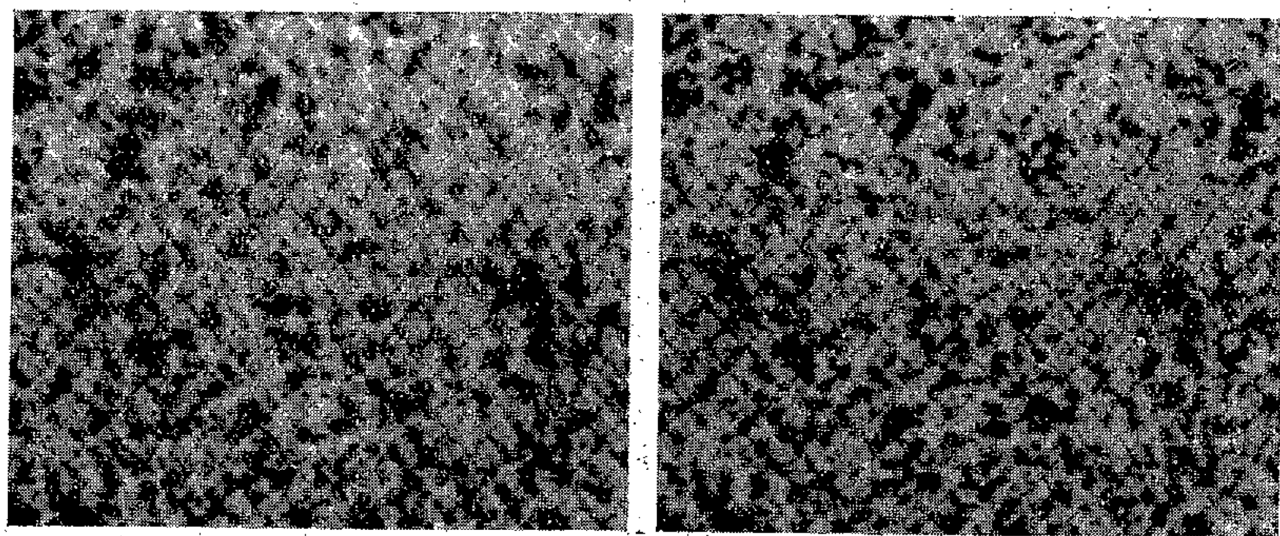


Fig. 1. Fig. 1 *bis*.

de consistance EPC 10 secondes; à gauche, état initial et, à droite, état après un soufflage de 5 heures à froid.

b. Si on poursuit le soufflage ou l'échauffement, il se forme, *autour de certaines grosses particules très découpées, et de celles-là seulement*, des nuages. La dimension des particules qui deviennent centres de nuages, a été en général supérieure à 3µ. Exemple figures 2 et 2 *bis*, relatives au même goudron que ci-dessus; à gauche, état initial et, à droite, état après 24 heures à 60° (perte de poids 29 %).

c. Si le chauffage à 60° (± 5 %) est maintenu jusqu'à ce que la perte de poids s'approche de sa limite asymptotique, à 2 ou 3 % près, les particules sur lesquelles se sont centrés les nuages grossissent et le nuage qui les

entoure devient plus étendu. En même temps, malgré la viscosité alors très grande, *les particules plus petites se meuvent vers les centres des nuages*.

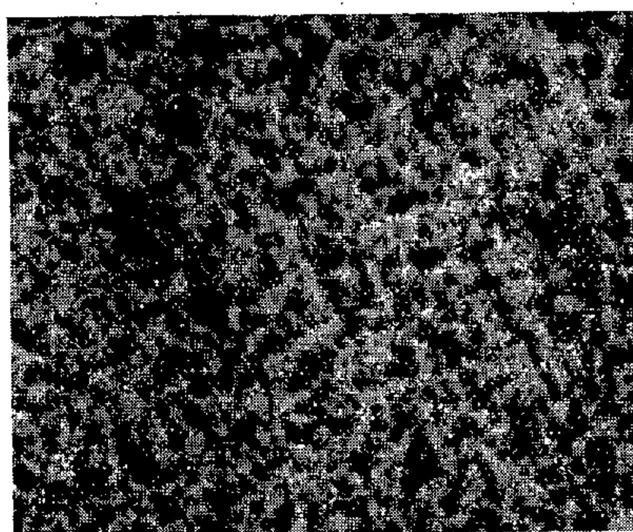


Fig. 2.

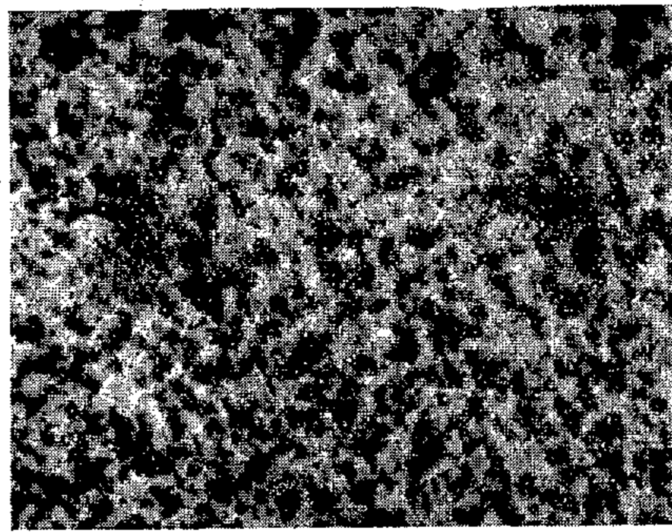


Fig. 2 *bis*.

L'aspect général tend vers celui d'un goudron floculé par le benzène. Exemple figures 3 et 3 *bis*, relatives au même goudron; à gauche, état initial et, à droite, état après 72 heures à 60° (perte de poids 40 %).

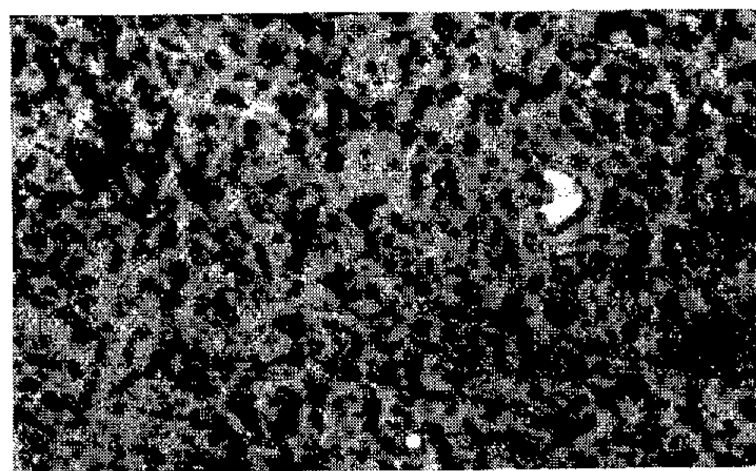


Fig. 3.

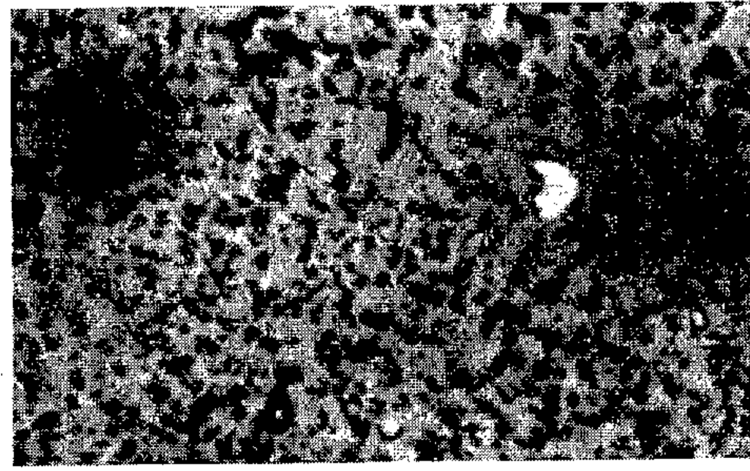


Fig. 3 *bis*.

Sans entrer pour le moment dans la discussion des vues que ces constatations peuvent ouvrir sur les conditions d'équilibre colloïdal du goudron, on doit retenir que :

1° le procédé expérimental fournit le moyen de prédéterminer les conditions du *vieillissement*, c'est-à-dire de la perte de la plasticité du goudron de houille;

2° la formation de nuages est un prodrome du vieillissement;

3° les grosses particules très découpées sont les centres où s'amorce la formation des nuages;

4° certains goudrons présentent, dès l'état initial, des rudiments de nuages.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur quelques hydrates du sulfate manganeux.* Note [1] de M. **Jean Perreu.**

J'ai indiqué [2], que la mesure des tensions de vapeur du sulfate manganeux, soumis à une déshydratation progressive, à 22° C., montre que l'on passe directement du tétrahydrate au monohydrate, sans qu'il se forme des composés définis à 3 et à 2^{mol} d'eau.

Pour les produits de la série II préparée à froid, à partir du tétrahydrate, M. de Forcrand [3] obtient un graphique des chaleurs de dissolution, en fonction des hydratations, présentant deux points anguleux relatifs à $SO^4Mn, 3H^2O$ et $SO^4Mn, 2H^2O$. J'ai repris ces mesures calorimétriques, afin de contrôler ces résultats.

Mesures calorimétriques. — La chaleur de dissolution, q_0, de la molécule-gramme d'hydrate dans une très grande masse d'eau, a été mesurée à 16° C.; voici les nombres trouvés :

Série I (préparée à chaud).

	q_0	
	trouvé.	donné (*a*).
	cal	cal
$SO^4Mn, 4H^2O$ initial.	1,85	1,85
$3H^2O$	3,90	–
$2,05H^2O$ ...	5,60	–
$1,95H^2O$ ...	–	5,67
$1,5H^2O$	–	6,67
H^2O	7,61	7,61
SO^4Mn anhydre.....	13,60	13,57

(*a*) Par M. de Forcrand.

Série II (préparée à froid).

	q_0	
	trouvé.	donné (*a*).
	cal	cal
$SO^4Mn, 3,1H^2O$....	5,40	–
$3H^2O$......	–	5,57
$2,86H^2O$...	6,20	–
$2,18H^2O$...	9,17	–
$2,04H^2O$...	9,66	–
$2H^2O$......	–	9,37
$1,77H^2O$...	10,81	–
$1,34H^2O$...	12,35	–
H^2O	13,75	13,74
$0,6H^2O$....	–	16,04

Les graphiques de ces chaleurs de dissolution, en fonction de l'état d'hydratation du sel, sont représentés dans la figure ci-dessous. Pour la série I, on obtient deux droites AB, BC, dont les points A, B, C correspondent au tétrahydrate, au monohydrate et au sel anhydre. Les valeurs

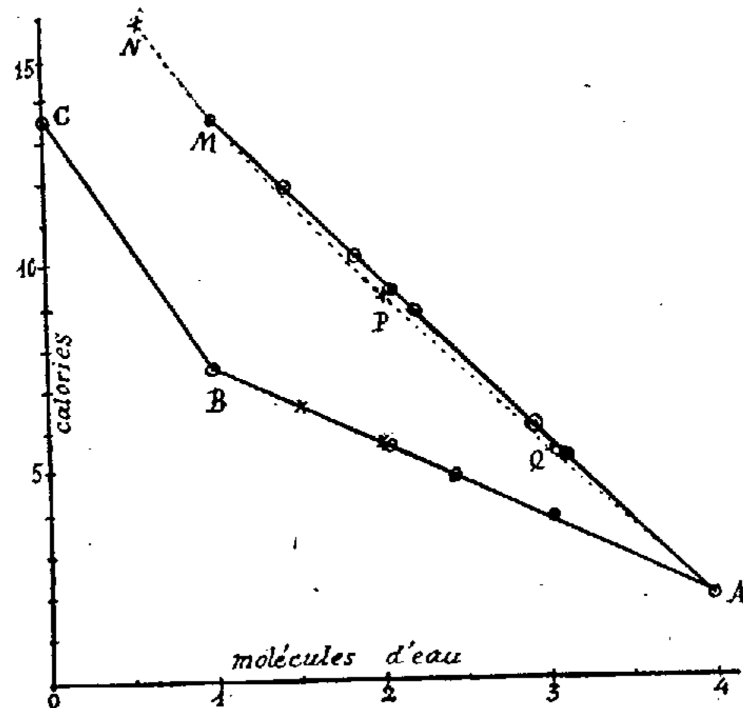
[1] Séance du 24 juillet 1939.

[2] *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 167.

[3] *Comptes rendus*, 158, 1914, p. 1760 et 159, 1914, p. 12.

trouvées, pour les produits de composition voisine de SO^4Mn, 3 aq. et SO^4Mn, 2 aq., se placent sur la droite AB, ce qui semble indiquer que ces produits sont des mélanges et non des hydrates définis.

Pour la série II, le graphique est formé d'une seule droite AM, le



point M correspondant au sel à une molécule d'eau. Le graphique de M. de Forcrand, représenté en pointillé sur la figure, montre que les points anguleux PQ obtenus par cet auteur, sont peu écartés de la droite AM.

La différence des chaleurs de dissolution pour les deux monohydrates atteint $6^{cal},1$; la transformation du monohydrate (II) en monohydrate (I) dégage par suite $6^{cal},1$ par molécule-gramme.

Examen des hydrates aux rayons X. — Les diagrammes aux rayons X des produits préparés, que je dois à l'obligeance de M. Bassière, montrent l'existence, dans la série I, de trois composés définis : le sel anhydre, le monohydrate et le tétrahydrate. Les clichés obtenus pour chacun de ces trois corps présentent un système de raies nettement caractéristiques. Pour la série II, on observe deux hydrates définis : SO^4Mn, H^2O et SO^4Mn, $4H^2O$. Les monohydrates (I) et (II) donnent des diagrammes à raies spectrales distinctes, ce qui confirme l'existence de deux isomères. Enfin, dans les deux séries, les spectres des produits à 2 et 3^{mol} d'eau, présentent les raies du mono et du tétrahydrate; ces produits sont donc des mélanges de ces deux derniers hydrates.

Étude magnétique. — J'ai déterminé, vers 17°, la susceptibilité magnétique des deux séries de produits étudiés.

Voici les nombres trouvés pour les susceptibilités spécifiques χ_s, et pour les susceptibilités moléculaires χ_M.

Série I.

	$SO^4Mn, 3,1H^2O$.	$SO^4Mn, 2H^2O$.	SO^4Mn, H^2O.	SO^4Mn.
$\chi_s \cdot 10^6$.....	68,1	74,0	81,2	90,1
$\chi_M \cdot 10^6$.....	$13,9_{50}$	$13,8_{30}$	$13,7_{20}$	$13,6_{00}$

Série II.

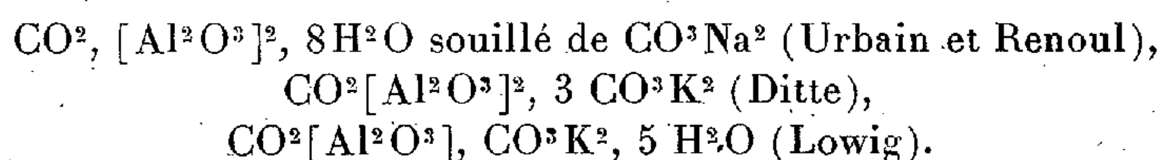
	$SO^4Mn, 4H^2O$.	$SO^4Mn, 2,86H^2O$.	$SO^4Mn, 1,69H^2O$.	SO^4Mn, H^2O.
$\chi_s \cdot 10^6$.....	64,1	70,1	77,7	82,7
$\chi_M \cdot 10^6$.....	$14,3_{00}$	$14,2_{00}$	$14,1_{00}$	$14,0_{30}$

Les valeurs trouvées, pour la deuxième série, dépassent légèrement les nombres correspondants de la première; mais les écarts observés sont à peine supérieurs aux erreurs expérimentales; aussi cette étude n'est pas nettement concluante. Elle semble cependant confirmer la différence de constitution des deux monohydrates.

En résumé, ces recherches confirment l'existence de deux sels isomères à une molécule d'eau, les deux seuls corps définis, obtenus à la fois dans les deux séries préparées à partir du tétrahydrate.

CHIMIE MINÉRALE. — *Essais d'isolement d'un carbonate d'aluminium.* Note (¹) de Mme **Odette Grosdenis** et M. **R. Fritz**, présentée par M. Marcel Delépine.

Jusqu'à présent les auteurs n'avaient obtenu que des produits fortement basiques


$CO^2, [Al^2O^3]^2, 8H^2O$ souillé de CO^3Na^2 (Urbain et Renoul),
$CO^2[Al^2O^3]^2, 3\,CO^3K^2$ (Ditte),
$CO^2[Al^2O^3], CO^3K^2, 5\,H^2O$ (Lowig).

Nous avons employé comme solutions précipitantes :

a. Une solution d'iodure d'aluminium à 46^g dans 100^{cm^3} obtenue par attaque de l'aluminium en fil à 99,99 %, par l'iode bisublimé. *b*. Une solution de carbonate de potassium, à 235^g au litre.

Nous avons essayé d'enrayer l'hydrolyse le plus possible et d'empêcher la formation de mélanges de composés basiques par la méthode suivante inspirée de celle de M. Jolibois.

(¹) Séance du 3 juillet 1939.

Les deux solutions refroidies à 0° sont pulvérisées à l'état de fines gouttelettes et projetées violemment l'une contre l'autre. Un réglage minutieux des deux pulvérisateurs actionnés à l'air comprimé leur fait débiter le même volume pendant le même temps.

Le produit formé tombe sur un Büchner arrosé d'alcool absolu refroidi à 0° qui entraîne l'eau mère d'iodures. Il est ensuite centrifugé et lavé à l'alcool.

Une centaine d'essais ont été réalisés en faisant varier les points d'impact des jets, le réglage des pulvérisateurs, les concentrations des solutions.

Les sels doubles obtenus ont une composition qui a varié

$$\text{de } CO^2[Al^2O^3],\ 5H^2O,\ 0,5CO^3K^2 \text{ à } (CO^2)^{2,5}, Al^2O^3,\ 5H^2O,\ 2,5CO^3K^2.$$

Les sels fixaient une quantité variable de carbonate de potassium, et semblaient d'autant plus stables qu'ils en contenaient davantage. Ceux préparés avec un léger excès d'iodure s'hydrolysaient très rapidement.

Nous avons cherché un solvant du carbonate de potassium, et avons trouvé le glycol éthylénique. En pilonnant donc le produit dans le glycol, en lavant ensuite à l'alcool absolu et en centrifugeant, nous avons vu peu à peu baisser le taux de carbonate de potassium, alors que celui d'acide carbonique restait fixe.

Nous sommes arrivés finalement au composé $(CO^2)^{2,5}$, Al^2O^3, CO^3K^2, $4H^2O$.

Ce sel double semble provenir, après légère hydrolyse, de $(CO^3)^3Al^2$, CO^3K^2, $5H^2O$.

(L'action du glycol est aussi un peu déshydratante.) Chauffé, ce carbonate ne perd son acide carbonique qu'entre 120° et 130°.

Tant qu'il est souillé d'eau mère, il s'hydrolyse instantanément au contact des matières organiques : papier, tissu, peau, etc. Quand il a été lavé et séché, il s'hydrolyse très lentement.

Des essais ont été tentés avec des solutions de I^3Al dans l'alcool. Dans ces conditions, on précipitait des oxyodures. L'un d'eux, I^3Al, $6O^3Al^2$, a été analysé.

En résumé, par ces pulvérisations de solutions concentrées et refroidies, par lavages successifs au glycol et à l'alcool absolu, nous sommes arrivés à préparer un carbonate d'aluminium stable, voisin du carbonate normal, mais à l'état de sel double d'aluminium et de potassium.

CHIMIE MINÉRALE. — *Déshydratation du sulfate de manganèse à 7 mol/g d'eau par voie aqueuse. Hydrates intermédiaires.* Note de M. **Raymond Rohmer**, transmise par M. Paul Lebeau.

J'ai appliqué la méthode de déshydratation par voie aqueuse, décrite précédemment ([1]), à l'heptahydrate du sulfate de manganèse.

On agite un mélange d'eau et de sel à 7 mol/g d'eau, en excès, à une température convenable, 36° par exemple. La densité de la solution saturée atteint très vite une valeur constante, qu'elle conserve pendant quelques heures; puis elle diminue, atteint un nouveau palier d'une cinquantaine d'heures, diminue encore, arrive à un troisième palier, décroît de nouveau, mais très lentement, pour se fixer à un dernier palier. Celui-ci correspond à l'état d'équilibre stable, réalisé après 500 heures d'agitation environ.

Le diagramme suivant (*fig.* 1) traduit cette variation isothermique de la densité en fonction de la durée d'agitation.

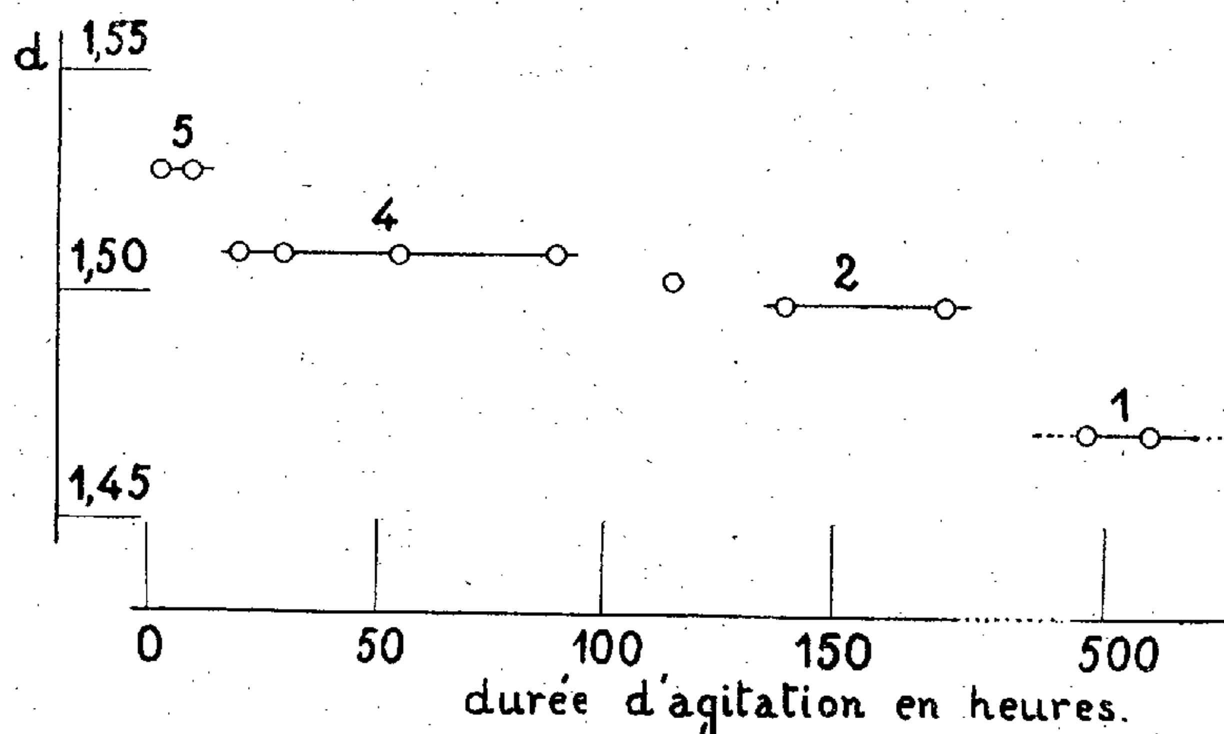
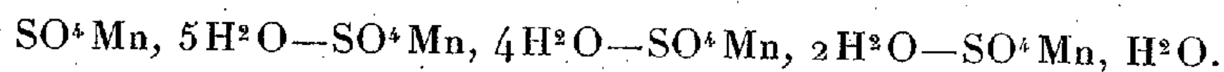


Fig. 1.

L'analyse directe du solide, isolé dans des conditions de très grande sécurité ([1]), donne toujours un ion SO^{4--} pour un ion Mn^{++} et comme formules des différentes phases rencontrées :



$SO^4Mn, 5H^2O$—$SO^4Mn, 4H^2O$—$SO^4Mn, 2H^2O$—SO^4Mn, H^2O.

([1]) R. Rohmer *Thèse*, Paris, 1931 (*Annales de Chimie*, 11e série, **11**, 1939, p. 611),

L'expérience, faite à 36°, a été reproduite à différentes températures. On trouvera dans le tableau ci-dessous les valeurs de la densité (*d*) et de la solubilité (*s*, en g. SO^4Mn %).

Phase solide.		Températures. 31°.	34°.	38°.	42°.
$SO^4Mn, 5H^2O$	*d*	1,513	1,521	1,532	1,542
	s	40,4	41,0	41,7	42,2
$SO^4Mn, 4H^2O$	*d*	1,505	1,507	1,510	1,513
	s	40,0	40,2	40,6	41,0
$SO^4Mn, 2H^2O$	*d*	1,499	1,499	1,498	1,497
	s	39,3	39,3	39,2	39,2
SO^4Mn, H^2O	*d*	1,480	1,475	1,467	1,460
	s	38,4	38,2	37,7	37,3

Ces expériences mettent en évidence la déshydratation, au sein de l'eau de l'heptahydrate du sulfate de manganèse jusqu'en monohydrate, avec passage intermédiaire par les hydrates à 5,4 et 2 mol./g. d'eau.

On a tracé la courbe des densités des solutions saturées en fonction de la température (*fig.* 2). A chacun des hydrates précédents correspond une branche.

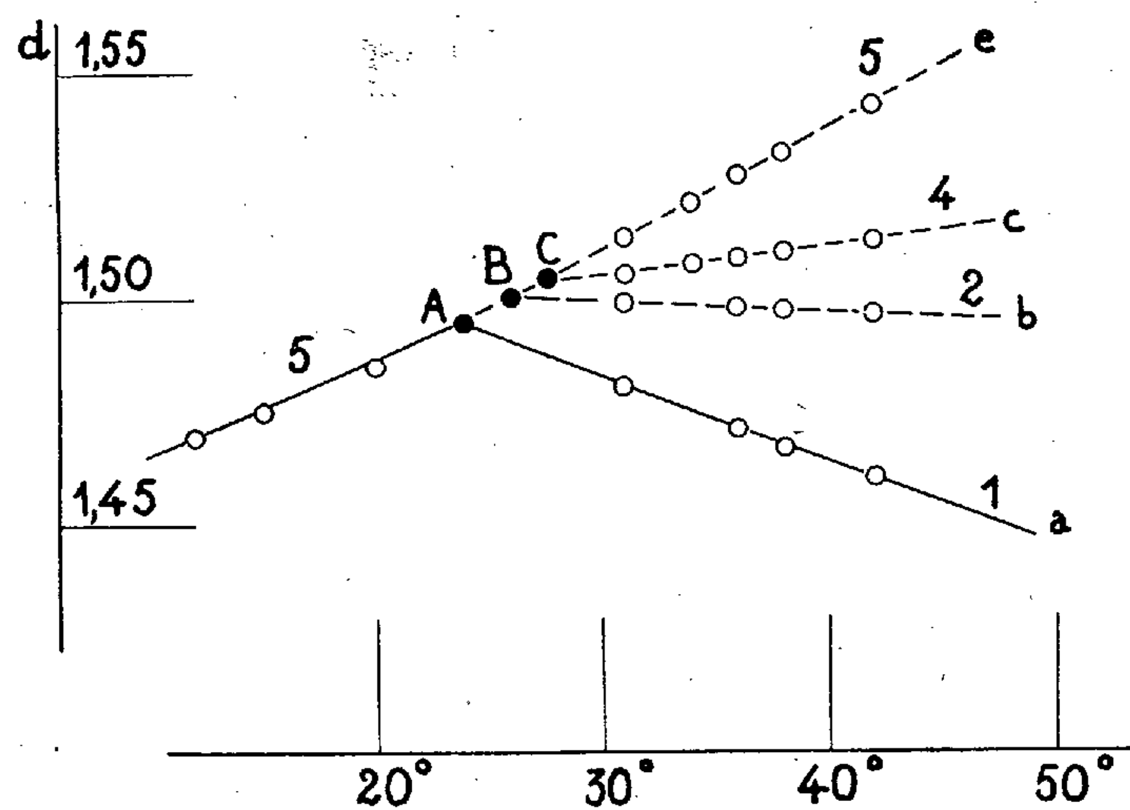


Fig. 2.

Les points A, B, C sont relatifs à des équilibres comportant deux phases solides, parmi lesquelles le pentahydrate figure toujours; par suite, le dihydrate et le tétrahydrate ne correspondent jamais à des équilibres stables.

Leur durée d'existence diminue lorqu'on élève la température. Elle est inférieure à 1 heure à 42° et peut atteindre plusieurs semaines aux environs des points de transition B et C.

Les caractéristiques des points remarquables sont les suivantes :

Point.	Solides existants.	*t.*	*d.*	*s.*
C........	$SO^4Mn, 5H^2O—SO^4Mn, 4H^2O$	27°,5	1,503	39,7
B........	$SO^4Mn, 5H^2O—SO^4Mn, 2H^2O$	26°,1	1,500	39,4
A........	$SO^4Mn, 5H^2O—SO^4Mn, H^2O$	23°,9	1,494	39,0

L'exemple du sulfate de manganèse constitue une nouvelle application de la méthode de déshydratation des sels au sein de l'eau. Cette étude a permis de caractériser pour la première fois, croyons-nous, l'intervention du dihydrate comme phase solide dans le système $H^2O—SO^4Mn$.

L'étroite analogie des résultats obtenus à l'aide de notre méthode de déshydratation par voie humide dans le cas des heptahydrates des sulfates de nickel, de cobalt ou de manganèse est remarquable : diagrammes du même type, phénomènes voisins, courbes des densités et courbes des solubilités d'allure comparable. *Le cas du sulfate de manganèse est plus curieux que celui du sulfate de nickel ou du sulfate de cobalt, car les phénomènes de déshydratation se passent à température notablement inférieure.*

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des organomagnésiens mixtes sur les phénylhydrazones des cyclanones.* Note (1) de M. **Panos Grammaticakis.**

L'étude de l'action des organomagnésiens mixtes sur les phénylhydrazones des cétones alicycliques m'a permis de constater qu'en milieu éthéré les magnésiens décomposent les phénylhydrazones (en dérivés de l'indol et NH^3 (2) etc.) et se fixent, dans quelques cas, sur le groupe C=N de celles-ci. Cette addition des magnésiens sur le groupe C=N des phénylhydrazones n'avait été observée que pour les phénylhydrazones des aldéhydes mais, jamais pour celles des cétones (3).

---

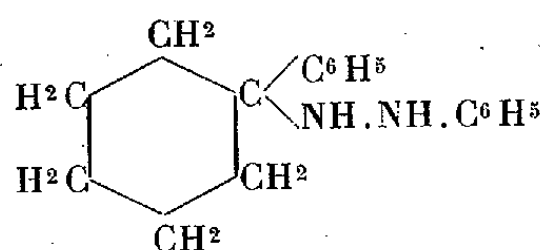
(1) Séance du 24 juillet 1939.

(2) J'ai effectué également la transformation de ces phénylhydrazones en dérivés de l'indol par action de la chaleur ou des acides dilués (SO^4H^2, ClH) à froid. La phénylhydrazone de la 4-méthyl-cyclohexanone, par exemple, par distillation dans un vide très poussé se transforme presque quantitativement en 3-méthyl-(1.2.3.4)-tétrahydrocarbazol ($C^{13}H^{15}N$) P. F. 112°.

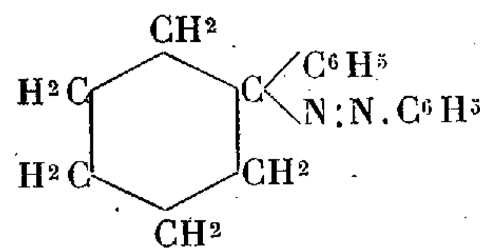
(3) P. Grammaticakis, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1289; **204**, 1937, p. 502 et 1262; **206**, 1938, p. 1307.

Les principaux résultats obtenus au cours de ces recherches sont les suivants :

1° L'action de C^6H^5.MgBr sur la phénylhydrazone de la cyclohexanone (P. F. 79°; Éb.$_{10^{mm}}$ 174-176°) fournit, à côté du (1.2.3.4)-tétrahydrocarbazol (Éb.$_{10^{mm}}$ 190°; P. F. 120°), la β-[(1)-phényl-cyclohexyl]-phénylhydrazine (I), aiguilles soyeuses incolores (éther + éther de pétrole), P. F. 113°. Chlorhydrate, P. F. 215° (déc.); oxalate, P. F. 186°; phénylurée, P. F. 172°. Cette β-alcoylphénylhydrazine en solution (éthérée ou alcoolique), s'oxyde par l'oxygène atmosphérique en donnant l'azoïque correspondant (II) (paillettes jaune d'or, P. F. 60°). A ma connaissance, des hydrazoïques et azoïques mixtes des types $R_1R_2R_3$: C.NH.NH.C^6H^5 et $R_1R_2R_3$: C.N : N.C^6H^5 n'avaient pas encore été signalés.

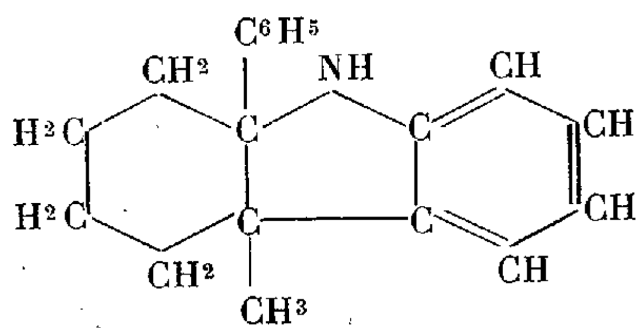


(I).

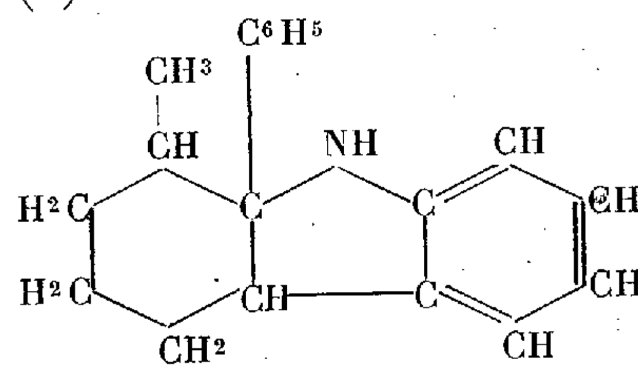


(II).

2° La condensation de C^6H^5.MgBr avec la phénylhydrazone de la 2-méthyl-cyclohexanone donne, à côté des 1-méthyl-(1.2.3.4)-tétrahydrocarbazol et 5-méthyl-(1.2.3.4)-tétrahydrocarbazol, un produit basique de formule $C^{19}H^{21}N$, auquel on pourrait attribuer l'une ou l'autre des deux formules isomères (III) et (IV) (¹)



(III).



(IV).

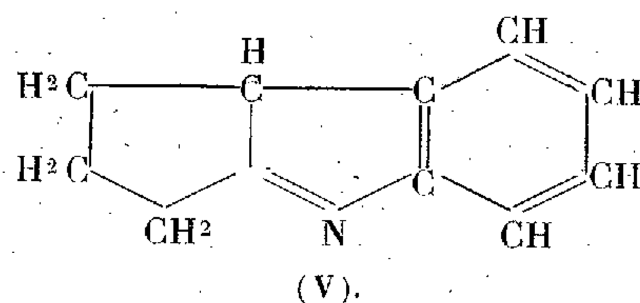
Cette substance, qui correspond à une addition de C^6H^5.MgBr sur C = N et élimination de NH^3, se présente sous forme d'aiguilles brillantes, incolores (alcool) fondant à 102°. Chlorhydrate, P. F. 258° (déc.); oxalate, P. F. 166°; dérivé acétylé, P. F. 93°; phénylurée, P. F. 168°.

(¹) La structure de la plupart des corps mentionnés (I), (II), (III), (V), etc., a été confirmée par leurs spectres d'absorption U — V.

3° Le traitement de la phénylhydrazone de la 3-méthyl-cyclohexanone ($Éb_{<1^{mm}}$ 175°) par les $C^2H^5.MgBr$, et $C^6H^5.MgBr$ et $C^6H^5.CH^2MgCl$ fournit la 2-méthyl-(1.2.3.4)-tétrahydrocarbazol, à côté d'autres produits.

De même la condensation de la phénylhydrazone de la 2-méthyl-cyclohexanone avec $CH^3.MgI$ fournit le 1-méthyl-(1.2.3.4)-tétrahydrocarbazol et le 5-méthyl-(1.2.3.4)-tétrahydrocarbazol.

4° Enfin, par l'action de $C^6H^5.MgBr$ sur la phénylhydrazone de la cyclopentanone ($Éb._{<1^{mm}}$ 135°; P. F. 53°), il se forme, à côté d'autres produits, le (2.3)-triméthylène-indol (V) ($Éb._{<1^{mm}}$ 160-162°; P. F. 109°).



(V).

Dans toutes les réactions précédentes, on obtient, à côté de la phénylhydrazone inaltérée [5], de l'aniline (en très petites quantités), de la phénylhydrazine et la cyclanone correspondant à la phénylhydrazone utilisée [6].

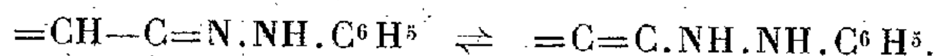
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le phénylpropyloxyéthanol; propriétés, dérivés.* Note de M. **Alexandre Halasz**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons indiqué [1] les principales méthodes de préparation des alcoxyalcools à poids moléculaire élevé.

Les propriétés de ces alcoxyalcools sont peu connues. Palomaa [2] a bien préparé quelques esters et éthers-oxydes de ces alcoxyalcools et étudié

---

(5) Ceci s'observe quel que soit l'excès du magnésien utilisé et peut être attribué à une isomérisation des phénylhydrazones :



$$=CH-\underset{|}{C}=N.NH.C^6H^5 \rightleftharpoons =C=\underset{|}{C}.NH.NH.C^6H^5.$$

(6) La décomposition des phénylhydrazones en cétones et phénylhydrazine ne semble pas être due exclusivement à une hydrolyse au cours des traitements des produits de la réaction.

La décomposition des phénylhydrazones des cétones en nitrile et aniline, si elle a lieu dans les cas étudiés, ne doit se faire qu'en proportions minimes.

(1) L. Palfray, S. Sabetay et A. Halasz, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 289.

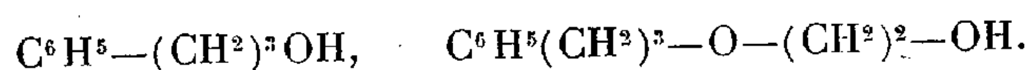
(2) Palomaa, *Annal. Acad. Scient. Fennicae A.*, 5, Nr. 4, 1914.

leur vitesse d'hydrolyse, mais seulement pour les trois premiers termes. Berggarth [3], E. van Duzee et Homer Adkins [4], ont préparé quelques dérivées du benzyloxyéthanol, mais c'est à peu près tout. Surtout ne sont pas connues les propriétés des alcoxyalcools dérivant des principaux alcools employés dans la parfumerie.

Nous nous sommes attaché à l'étude d'un alcoxyalcool à poids moléculaire élevé, le phénylpropyloxyéthanol.

I. Nous avons d'abord essayé de mettre en évidence l'influence du groupement $CH^2—CH^2—O$ sur les propriétés physiques. Pour cela nous avons comparé la solubilité dans l'eau, la tension superficielle et la viscosité, avec les propriétés correspondantes de $C^6H^5—CH^2—CH^2—OH$.

Voici les résultats comparatifs :

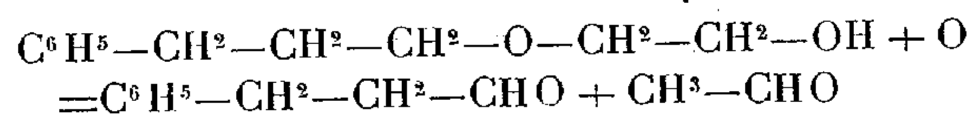


$$C^6H^5—(CH^2)^3OH, \quad C^6H^5(CH^2)^3—O—(CH^2)^2—OH.$$

Solubilité	$\frac{1}{10000}$ à 22°	$\frac{46}{10000}$ à 22°
Tens. superf. en dynes/em	42,04 à 22°	42,6 à 22°
Viscosité en Poises	0,1967 à 20°,25	0,1845 à 20°,25

On remarque par rapport à l'alcool phénylpropylique une très nette augmentation de la solubilité et une diminution de la viscosité, toutes différences dues à la présence de la fonction éthoxy.

II. *Comportement en présence des agents d'oxydation.* — Bien que la fonction éther-oxyde (β dans le cas présent) résiste assez bien aux alcalis et aux acides dilués, elle se coupe cependant presque toujours sous l'influence des oxydants habituels (permanganate, $Cr^2O^3.H^2O^2$, PbO) suivant l'équation



$$C^6H^5—CH^2—CH^2—CH^2—O—CH^2—CH^2—OH + O$$
$$= C^6H^5—CH^2—CH^2—CHO + CH^3—CHO$$

ou encore suivant



$$C^6H^5—CH^2—CH^2—COOH + CH^3—COOH.$$

III. *Action de* IH. — Sous l'influence de IH concentré dans l'appareil de Zeisel, la fonction éther-oxyde se coupe et donne $CH^3—CH^2I$, mais seulement dans la proportion de 39 % de la quantité théorique.

---

(3) Conraad Berggarth, *Finska Kemistsamfund Medd.*, 42, 1933, p. 76-84.

(4) *J. Am. Chem. Soc.*, 57, 1935, p. 147-151.

IV. *Préparation de quelques dérivés.* — Nous avons préparé les principaux esthers et éther-oxydes de cet alcool, pour la plupart inconnus. L'emploi des méthodes habituelles conduit à de bon résultats. Notons, toutefois, que dans le cas des halogénures, aucune des méthodes sauf celle utilisant $SOCl^2$ et $SOBr^2$ ne peut éviter la coupure de la fonction éther-oxyde.

Pour les iodures, nous avons déplacé le chlorure par INa.

Nous donnons sous forme de tableau les constantes de ces dérivés.

Ester							RM trouvé.	R_m calculé.
Formiate.........	E_{18}	161-162	n_D^{23}	1,4970	d_4^{22}	1,0580	57,64	57,31
Acétate ([a]).......	E_{18}	170	n_D^{17}	1,4941	d_4^{17}	1,0370	62,37	61,93
Propionate........	E_1	140-141	n_D^{21}	1,4898	d_4^{22}	1,0224	66,71	66,55
Isobutyrate.......	E_3	154-155	n_D^{22}	1,4832	d_4^{22}	0,9961	71,68	71,17
Benzoate.........	E_4	204-205	n_D^{23}	1,5400	d_4^{22}	1,0871	81,97	81,42
Allophanate ([a])...				F. 131°,5				
Chlorure.........	E_{18}	146-147	n_D^{21}	1,5112	d_4^{25}	1,0551	56,19	56,26
Bromure.........	E_{15}	155-156	n_D^{20}	1,5312	d_4^{20}	1,2465	58,95	58,81
Iodure...........	E_{19}	171-172	n_D^{22}	1,5543	d_4^{24}	1,4410	64,40	63,84

([a]) Déjà mentionné par nous.

Étheroxyde								
Méthylique.......	E_{20}	134-136	n_D^{23}	1,5058	d_4^{23}	0,9950	57,35	57,30
Ethylique........	E_{18}	141-143	n_D^{23}	1,5052	d_4^{25}	0,9962	61,83	61,72
Propylique.......	E_{20}	154-155	n_D^{22}	1,4900	d_4^{24}	0,9621	66,71	66,56
Benzylique.......	E_1	183-185	n_D^{23}	1,5372	d_4^{22}	1,0319	81,75	81,43
Trytilique........				F. 80°-80°,5				
Glycolique.......	E_{18}	190-192	n_D^{22}	1,5060	d_4^{22}	1,0435	63,81	63,85

Odeur. — Le phénylpropyloxyéthanol a une odeur très faible rappelant l'alcool phénylpropylique, mais beaucoup plus atténuée. Parmi les esters, le formiate et l'acétate ont des odeurs fruitées.

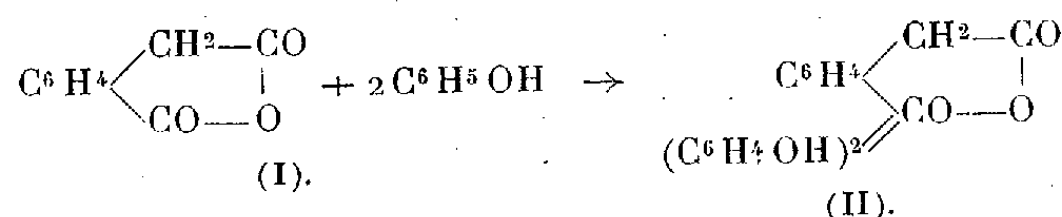
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'homophtaléine du phénol.* Note ([1]) de M. **Buu-Hoï**, présentée par M. Marcel Delépine.

Mme Ramart-Lucas ([2]) ayant observé chez les phénolsulfonephtaléines l'existence de deux formes colorées dont l'isomérie paraît provenir d'une

([1]) Séance du 10 juillet 1939.
([2]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1312.

déformation des angles de valence, il a paru intéressant de savoir si le même phénomène existe chez les phtaléines de l'anhydride homophtalique (I).

Le seul travail concernant une homophtaléine qui ait été fait à notre connaissance, est celui de P. Kaufmann ([3]). Cet auteur, en déshydratant par Cl^2Zn à 125° un mélange d'anhydride homophtalique et de phénol, obtint, avec un rendement médiocre, une substance P.F. 227°, à laquelle il attribua la formule d'une phénolhomophtaléine (II) :



Cette substance ne donne avec les alcalis qu'une coloration jaune, et Kaufmann en conclut que la phénolhomophtaléine ne peut subir de transposition quinonique, car alors l'absorption serait située plus près du rouge.

Étonné de cette divergence fondamentale entre les propriétés des phtaléines et celles d'une homophtaléine, je me suis demandé si le produit obtenu par Kaufmann possédait bien la constitution triphénylméthanique qui lui a été assignée. J'ai repris l'expérience de Kaufmann, mais en employant comme déshydratant Cl^4 Sn, ce qui m'a donné avec des rendements deux fois plus élevés le produit cherché. Les déterminations cryoscopiques m'ont montré que ce corps résulte de la combinaison avec l'anhydride homophtalique, d'une seule molécule de phénol [P. M. trouvé 268; calculé pour la formule (II) 332]. Quant à son spectre d'absorption, loin de ressembler à celui de la phénolphtaléine, il se rapproche beaucoup de celui du stilbène ([4]), ce qui m'a suggéré la présence dans cette molécule, d'un groupement stilbénique Ar — CH = CH — Ar.

L'étude chimique confirme effectivement cette hypothèse, et montre que la substance est la 3-parahydroxyphénylisocoumarine (IV). Ce produit résulte de la cyclisation de l'acide 4'-hydroxydésoxybenzoïne-*o*-carbonique (III) formé en premier lieu dans l'action de Cl^4Sn, conformément à ce que j'ai toujours observé dans les réactions de Friedel et Crafts effectuées avec l'anhydride homophtalique ([5]). Il y a ensuite

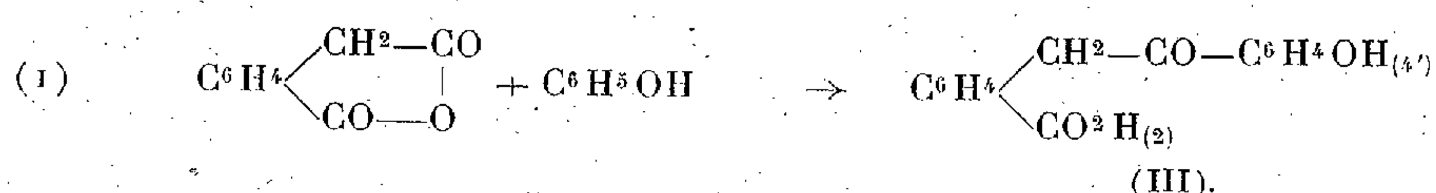
---

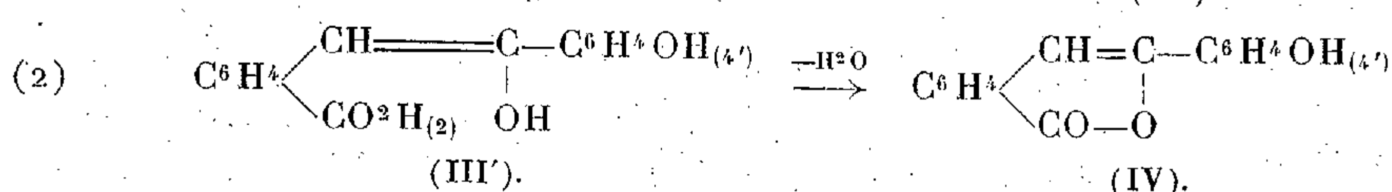
([3]) *Zeitsch. für angew. Chem.*, 40, 1927, p. 831.

([4]) Mme Ramart-Lucas et Mlle Amagat, *Bull. Soc. Chim.*, 51, 1932, p. 108.

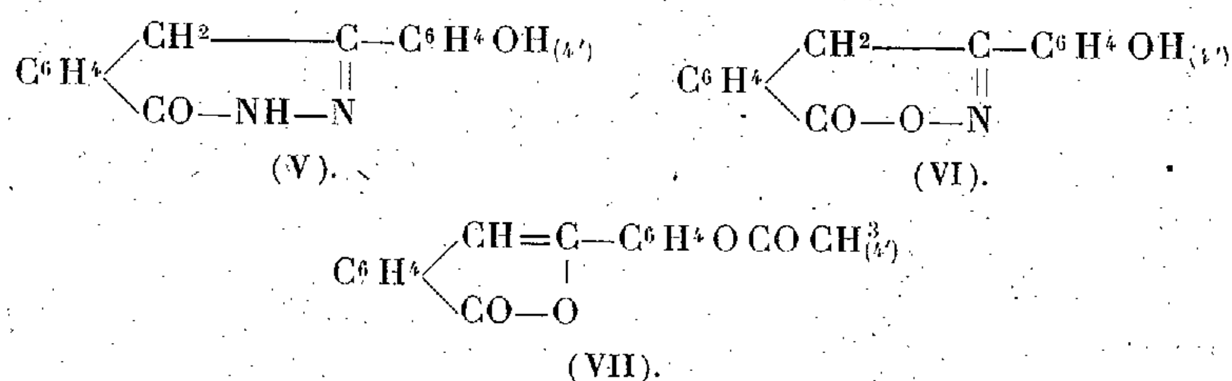
([5]) Buu-Hoï, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 2084.

cyclisation de la forme énolique (III′) sous l'action déshydratante de Cl^4Sn à chaud :





L'isocoumarine obtenue ainsi se dissout dans les alcalis caustiques avec une coloration jaune intense qui disparaît aussitôt par transposition en sel alcalin de l'acide (III), lequel est identique à l'acide que j'ai obtenu en condensant le phénol avec l'anhydride homophtalique en présence de SO^4H^2 concentré. Ce sont des prismes incolores, fondant vers 211° avec cyclisation en isocoumarine (IV). L'action de l'hydrazine en milieu acétique sur (III) ou (IV) conduit à une homophtalazone (V) (F. 243° avec décomp.), et l'hydroxylamine, à une lactazone (VI) (F. 258°). Ces deux composés heptagonaux sont du type de ceux préparés par Gabriel [6] et H. Wölbling [7] à partir de l'acide β-désoxybenzoïne-*o*-carbonique. Le chlorure d'acétyle donne avec l'isocoumarine (IV) un dérivé acétylé (VII) (F. 161) :



La constitution du produit obtenu par Kaufmann étant élucidée, on pouvait se demander si la phénolhomophtaléine (II) existe. J'ai obtenu un tel corps, avec des rendements infimes, au cours de la préparation de la 3-parahydroxyphénylisocoumarine. C'est une substance colorée qu'on ne peut purifier que par sublimation dans le vide. On obtient alors une poudre incolore (F. 160-170°), de propriétés tout à fait voisines de celles de la phénolphtaléine. Elle donne en effet des solutions colorées avec les alcalis

---

[6] *Ber. d. chem. Ges.*, 18, 1885, p. 2449.
[7] *Ber. d. chem. Ges.*, 38, 1905, p. 3845.

dilués, et ces solutions se décolorent en milieu fortement alcalin. Enfin son spectre d'absorption est très voisin de celui de la phénolphtaléine, et la bande caractéristique d'absorption de la forme quinonique de la phénolphtaléine en milieu alcalin, dans le visible, se retrouve encore ici. On peut donc admettre pour la phénolhomophtaléine trois formes tautomères comme pour la phénolphtaléine, contrairement à l'opinion de Kaufmann.

En résumé, l'application de la réaction de Bäeyer ([8]) à l'anhydride homophtalique conduit à la 3-parahydroxyphénylisocoumarine, *et ce n'est que tout à fait accessoirement qu'il se forme une phénolhomophtaléine, capable de subir la transposition quinonique.*

GÉOLOGIE. — *La série primaire du Touat (Sahara occidental).* Note de M. **André Meyendorff**, transmise par M. Charles Jacob.

En janvier et février 1939, j'ai pu étudier en détail la structure géologique du Touat. La plupart des affleurements primaires de cette région ont été découverts par E.-F. Gautier au cours de ses mémorables explorations; mais, à l'exception des couches de Tazoult, attribuées au Moscovien par Chudeau et dont Menchikoff démontra l'âge viséen, aucun de ces affleurements n'avait pu être daté paléontologiquement. La découverte de nouveaux gisements fossilifères, jointe à la connaissance détaillée des faciès du Paléozoïque des régions avoisinantes, m'a permis d'établir l'existence, dans le Touat, d'une succession ininterrompue de terrains allant de l'Ordovicien au Viséen supérieur inclus.

Les formations primaires du Touat sont plissées en un vaste anticlinal qui s'élargit vers le Nord-Ouest pour former les chaînes d'Ougarta et qui, vers le Sud-Est, se rétrécit et s'ennoie sous les dépôts tabulaires crétacés et tertiaires. Les affleurements qui se trouvent au nord du parallèle de El Djedid correspondent à la zone axiale de l'anticlinal et sont pour la plupart d'âge ordovicien; les niveaux plus élevés n'apparaissent que plus au Sud, dans la zone d'ennoyage et en particulier à l'ouest de Tammassekr et de Zaouiet Kounta.

L'Ordovicien du Touat prolonge exactement celui du Gourara et des chaînes d'Ougarta, mais avec des faciès parfois différents : les grès grossiers rouges sont

---

([7]) *Liebig's Annalen*, 202, 1880, p. 68.

([8]) *Bull. Soc. Géol. France,* 4e série, 6, 1907, p. 746.

souvent remplacés par des grès très fins, en plaquettes, ou même par des schistes argileux à nodules calcaires. Malheureusement, je n'ai pu trouver aucun fossile dans cette formation.

Le Gothlandien, très rarement visible sous les alluvions de l'oued Messaoud, correspond à des schistes argileux et gréseux, intercalés de bancs calcaires à débris de Cardioles et à Orthocères.

Le Dévonien inférieur comprend, à la base, des schistes gréseux à empreintes de *Homalonotus* et de Rhynchonelles, puis une épaisse série gréseuse dont la partie supérieure doit être rapportée à l'Emsien et présente des niveaux calcaires à *Spirifer paradoxus Schloth.*, *Uncinulus* sp., *Chonetes* et *Zaphrentis*; encore plus haut, j'ai pu recueillir un ensemble d'espèces de l'Emsien le plus supérieur : *Spirifer arduennensis* Schnur, *Spirifer aff. alatiformis* Drever., *Pentamerus hercyniæ* Halfar., *Uncinulus princeps* Barr., *Uncinulus pila* Schnur, *Wilsonia subwilsoni* d'Orb., *Eodevonaria dilatata* Sandb., *Strophomena*, *Orthis* et des Polypiers.

Le passage au Dévonien moyen est marqué par un brusque changement du faciès qui devient schisteux et argileux. A la base de cet ensemble, dans une intercalation calcaire, on trouve *Panenka* sp., *Cyathaxonia*, des *Zaphrentis* et des *Favosites*; le niveau suivant renferme *Anarcestes Karpinskyi* Holz., *Agoniatites* sp., *Phacops fecundus* Barr., *Spirifer* cf. *elegans* Stein., *Bactrites*, *Zaphrentis*, des Tabulés, des Orthocères et des Serpules; enfin, des bancs marneux plus récents m'ont encore fourni des *Anarcestes* et des *Agoniatites*, accompagnés de quelques *Favosites* et de Polypiers isolés.

Le Dévonien supérieur débute par des schistes frasniens à nodules calcaires à *Tornoceras simplex* v. Buch, *Bactrites carinatus* Münst., *Buchiola* et Orthocères. Il se continue par des schistes gréseux famenniens à *Spirifer Verneuili* Murch. et *Rhynchonella nux* Goss.

Le Carbonifère inférieur est caractérisé par des faciès gréseux et calcaires, riches en Brachiopodes. Trois termes peuvent y être distingués : à la base, les grès et schistes gréseux du Tournaisien à *Spirifer tornacensis* de Kon., *Spirifer platynotus* Weller, *Spirifer subrotundus* Weller et *Syringothyris typa* Winchell; plus haut, le Viséen inférieur est représenté par des schistes gréseux et gréso-calcaires à *Productus Vaughani* Muir-Wood et *Syringothyris cuspidata* Martin; enfin, au sommet de la série, les calcaires du Viséen supérieur fournissent une magnifique faune de Polypiers et de Brachiopodes (1), parmi lesquels *Productus auritus* Phillips.

Le Primaire du Touat se rattache étroitement à celui de la Saoura et du Gourara. La ressemblance est surtout accusée pour les dépôts ordoviciens, gothlandiens et dévoniens inférieurs de ces régions. Le Dévonien moyen du Touat se distingue de celui du Gourara par son faciès moins coralligène, mais la présence de Goniatites le parallélise encore avec l'Eifélien de la Saoura. Enfin, au Famennien et surtout au Dinantien, des

(1) Menchikoff, *C. R. som. Soc. Géol. France*, 18 février 1935, p. 50.

divergences considérables se manifestent : les faciès à Ammonoïdés, très importants dans la Saoura et le Gourara, sont remplacés dans le Touat par des formations gréseuses et calcaires à Brachiopodes. Ces formations présentent quelques analogies avec les dépôts néritiques de la zone prétassilienne et des grands synclinaux de Tindouf et de Taoudeni. La position intermédiaire du Touat entre la Saoura, le Tidikelt et l'Ouest saharien, explique ces diverses affinités.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Déterminations de la déclinaison magnétique au Sahara méridional, au Soudan et en Afrique Équatoriale.* Note (¹) de MM. **Henri Brandstetter** et **Jean Lagrula**, présentée par M. Georges Perrier.

Les valeurs suivantes de la déclinaison magnétique ont été obtenues au moyen d'un théodolite à pièce additionnelle Hurlimann appartenant au Ministère des Colonies. Comme cet instrument était demeuré longtemps sans emploi et que nous ignorions sa précision, nous l'avons étudié et remis en état à Tamanrasset. Nous avons, en particulier, procédé à la réaimantation des deux aiguilles du déclinatoire; nous avons ensuite déterminé la correction de chacune d'elles par une série d'observations rapportées, grâce à l'obligeance de M. Jean Dubief, au déclinomètre de l'Observatoire. Nous trouvâmes — 3′ 30″ pour l'aiguille numéro I, et + 2′ pour l'aiguille numéro II. Au cours de ces mesures, nous pûmes constater que la précision de l'instrument, inférieure à celle d'un bon théodolite-boussole, est cependant de l'ordre de 3′. On peut se demander si, pour des campagnes de ce genre, un déclinatoire soigné, d'emploi plus commode que le théodolite-boussole, ne serait pas à préférer à ce dernier. Les seuls enregistreurs dont on dispose sont en effet ceux de Chambon-la-Forêt et de Tamanrasset. Les variations des éléments magnétiques en ces deux stations diffèrent notablement, ce qui rend sujette à caution toute interpolation ou extrapolation : dans ces conditions, la précision de 1′ est illusoire.

Ces valeurs de la déclinaison sont brutes. Pour les rapporter à une date unique il faudra tenir compte des enregistrements de Tamanrasset. Le méridien géographique a été déterminé par l'observation du Soleil, sauf à

(¹) Séance du 24 juillet 1939.

Teggida n' teçum et Melfi (première détermination) où la polaire a été utilisée.

Station.	Latitude Nord.	Longitude (E. Greenw.).	Altitude.	Date.	Heure TMG.	Déclinaison occidentale.
	° ′	° ′		1937.	h m	° ′
In Guezzam	19.34	5.47	410	2 déc.	9.45	7.16
In Abangharit	17.54	5.59	354	14 »	10.22	7.39
Teggida n'teçum ..	17.25	6.35	375	15 »	3.27	7.37
Agadès	16.55	7.52	525	18 »	9.05	7.17
Zinder	13.49	8.59	475	27 »	8.15	7.14
				1938.		
Fort-Archambault.	9.09	18.27	400	30 janv.	8.31	5.15
»	»	»	»	26 avril	8.13	5.02
Kyabe	9.28	19.02	465	5 févr.	8.23	4.21
»	»	»	»	16 »	7.53	4.23
Bourou	8.54	18.21	405	10 »	8.25	5.25
Gabgotto	9.20	18.32	420	18 »	8.01	4.48
Bousso	10.31	16.46	365	19 juin	8.10	5.17
Delfine	10.41	16.48	370	20 »	8.07	5.12
Melfi	11.05	18.00	390	4 juill.	2.48	4.51
»	»	»	»	»	8.22	4.55
Massenya	11.23	16.11	350	19 »	9.19	5.22
Miltou	10.14	17.28	385	3 août	8.32	4.55
»	»	»		»	14.41	4.50

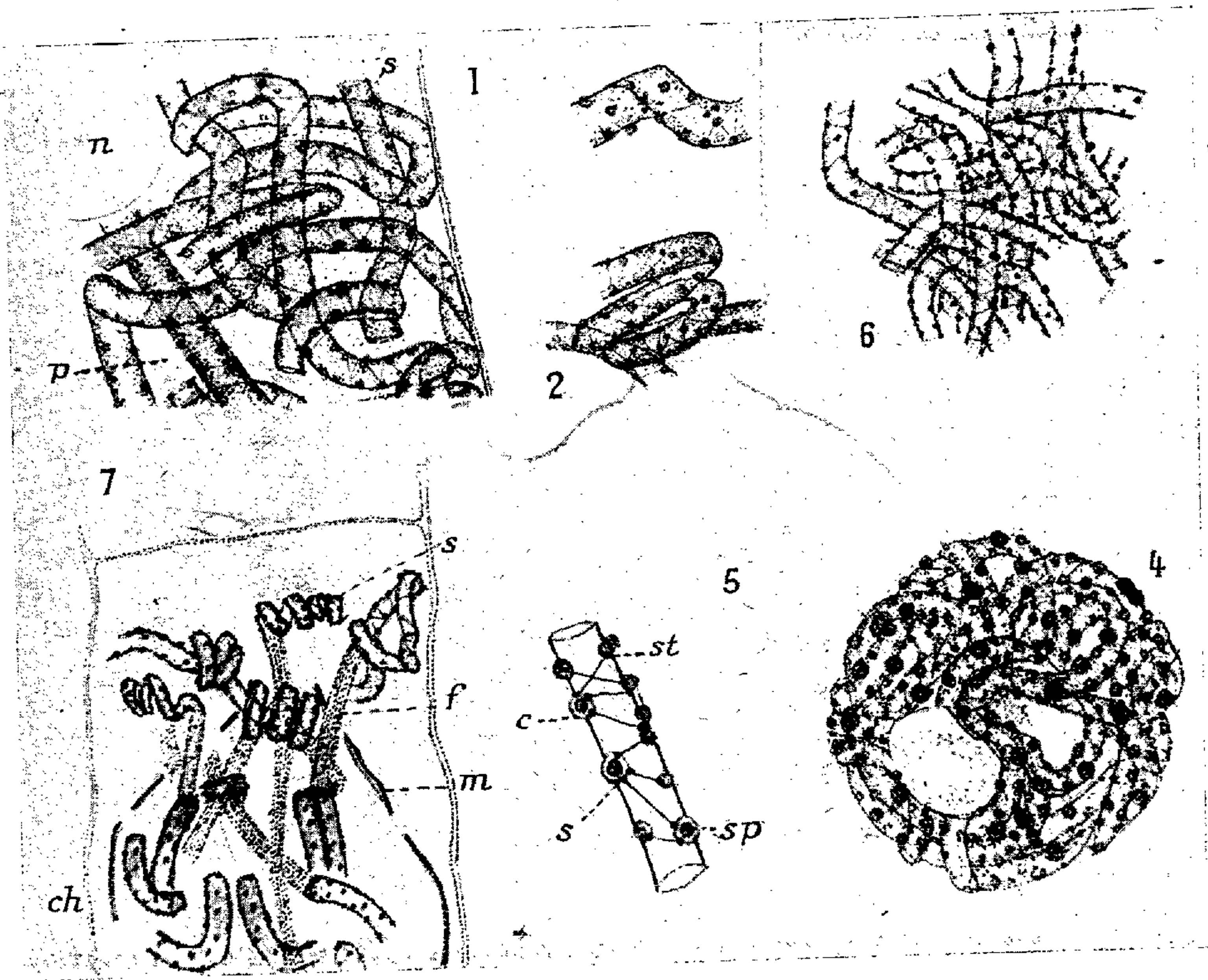
CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *La structure du protoplasme et l'origine des appareils cytoplasmiques.* Note (¹) de M. **A.-Ch. Hollande**, transmise par M. Pierre-Augustin Dangeard.

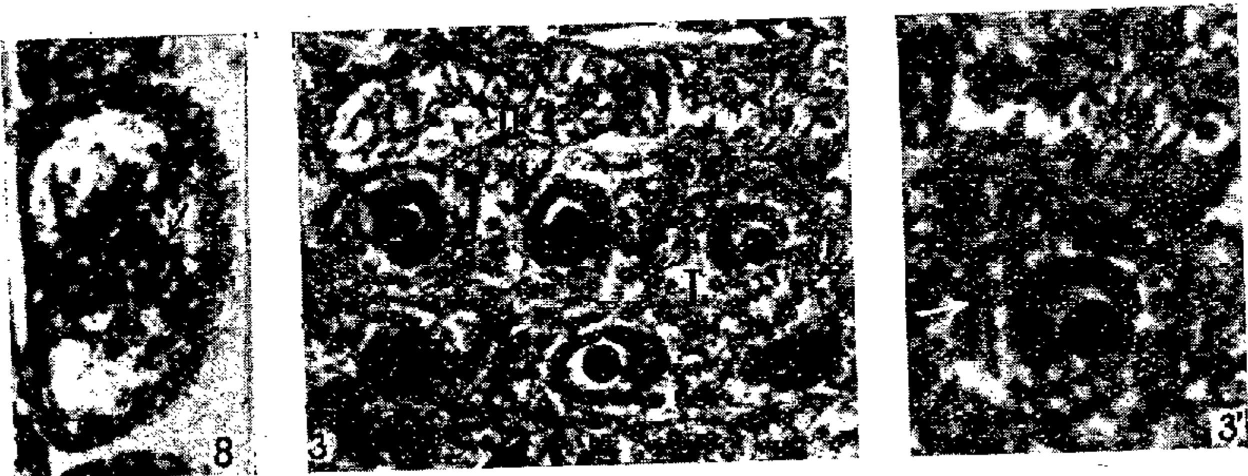
Il est admis actuellement que le cytoplasme comprend une substance fondamentale, un gel optiquement vide, renfermant des inclusions, mitochondries, vacuoles etc. Par une technique appropriée, j'ai pu me convaincre que cette substance fondamentale est, en réalité, organisée, et ceci chez toutes les cellules que j'ai examinées, animales ou végétales.

Le protoplasme de la cellule est essentiellement constitué par :

1° un système filamenteux tubulaire, hyalin, parfois visible *in vivo*, décrivant de longues circonvolutions, continu en apparence. Capillaires et étroitement serrés les uns contre les autres chez les cellules embryonnaires,

(¹) Séance du 17 juillet 1939.





1, solénosomes d'une cellule méristématique d'Arum (*Zantedefchia æthiopica* Linné-Fspreng);
2, reploiements divers des solénosomes; 3 et 3', microphotographies de ces cellules, 3' agran-
die de 3, (obj. 2 m. m-1,40, ocul. × 7); en I, solénosomes tubuleux s'entrecroisant et se che-
vauchant, surtout à la partie supérieure de la cellule (*voir* flèche 3'); en II, solénosomes à
aspects filamenteux; 4, leucocyte éosinophile (homme); 5, figure schématique : portion soléno-
some d'un leucocyte polynucléé neutrophile (homme) avec centres stigmosomiens (où s'élabore
la substance neutrophile), stigmosomes et tractus stigmosomiens; 6, solénosomes néoformés
observés aux pôles d'un noyau prophasique (racine de jacinthe); 7, début de formation des fibres
fusoriales au cours de la mitose (racine jacinthe); abouchement des solénosomes aux chromosomes
(figure demi-schématique) *s'*, partie spiralée du solénosome; 8, microphotographies de soléno-
somes condensés, trés sidérophiles, spiralés (flèche) ou en ressort à boudin (racine jacinthe);
obj. × 90, ocul. × 7. *C. cl.*, × 1800; *n*, noyau; *p*, périplasme; *s*, solénosome; *f*, fibres fusoriales;
m, membrane nucléaire en voie de disparition; *st*, stigmosomes et leurs tractus; *c*, centres
stigmosomiens avec la sphère satellite médiane *sp*; *ch*, chromosomes. Fix[n] Bouin-cuprique
chrome-osmium; col[n] hématoxyline-fer.

les éléments filamenteux s'élargissent et s'espacent dans la suite (cellules adultes, *fig.* 1 à 4), puis se déforment et se lysent (cellules âgées);

2° de nombreux petits amas formés par la réunion de quelques corpuscules punctiformes autour d'une masse centrale colloïdale (sphère satellite) siègent, plus ou moins régulièrement répartis, à la surface de ces éléments; les tractus des corpuscules en division (desmoses plus ou moins persistantes) relient entre eux les divers amas (*fig.* 5);

3° une substance colloïdale fluide, peu riche en protides, entoure tubes filamenteux et amas. La membrane cellulaire, lorsqu'elle existe, limite le tout.

Je propose de nommer *solénosomes* les tubes hyalins; *stigmosomes* les corpuscules punctiformes; *périplasme* la masse colloïdale environnante.

La structure élémentaire du protoplasme apparaît ainsi similaire à celle du noyau (spirémoïde, nucléosomes, centres nucléosomiens, nucléoplasme) (2).

Certains grains de sécrétion, le chondriome, les dictyosomes, les plaquettes de Bowen, les plastes etc., sont élaborés par les solénosomes.

Les solénosomes peuvent être animés de mouvements rythmiques, synchrones ou indépendants (mouvements protoplasmiques). Ceux-ci résultent de phénomènes de torsion et rotation, nés de forces électrocapillaires (modifications locales de la tension superficielle, de la diffusion, etc.). Les solénosomes peuvent se régénérer (*fig.* 6).

Les fibres fusoriales ont une origine protoplasmique et sont formées par des solénosomes néoformés se situant, au début de la mitose (jacinthe), aux deux pôles du noyau; la partie extranucléaire de ces solénosomes prend souvent la forme d'un ressort à boudin (*fig.* 7, 8).

Les directions variées du spirémoïde et des solénosomes révèlent un complexe de forces tourbillonnaires.

---

(2) Cf. A.-Ch. Hollande, *Archiv. zool. exp. et génér.*, 79, III, 1937, p. 317-380.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les nodosités radicales de* Datisca cannabina *L. : leur endophyte et les réactions cellulaires qui l'accompagnent.* Note (¹) de M. **Eugène Paquet**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Datisca cannabina L. présente sur ses racines des tumeurs ramifiée dues à un endophyte intracellulaire signalé par Trotter et Montemartini (1906) et considéré par eux comme étant de nature bactérienne.

1° dans tous les cas étudiés, l'endophyte n'existe que dans le parenchyme cortical et n'en occupe qu'un secteur.

2° des coupes longitudinales dans les ramifications des tumeurs permettent d'observer à partir du méristème terminal une succession d'aspects remarquables traduisant l'évolution probable du microorganisme.

Près de l'extrémité il se présente sous forme de filaments étroits, ne se colorant pas par la méthode de Gram, de 0,3 à $0^{\mu},5$ de large, enchevêtrés, non ramifiés, disposés sans aucun ordre, visibles dans toutes les cellules et capables de traverser les parois cellulaires (*fig.* A) (²). La zone plus âgée nous offre au contraire une forme *coccus* du microorganisme, disposée tout autour d'une grande vacuole centrale, dans chaque cellule (*fig.* C). Dans les cellules intermédiaires (*fig.* B), des filaments plus ou moins segmentés montrent que les deux formes précédentes ne sont que deux aspects du même microorganisme.

Les *cocci* s'observent encore si l'on s'éloigne du méristème terminal, puis leur forme devient plus variable et leur chromaticité diminue graduellement.

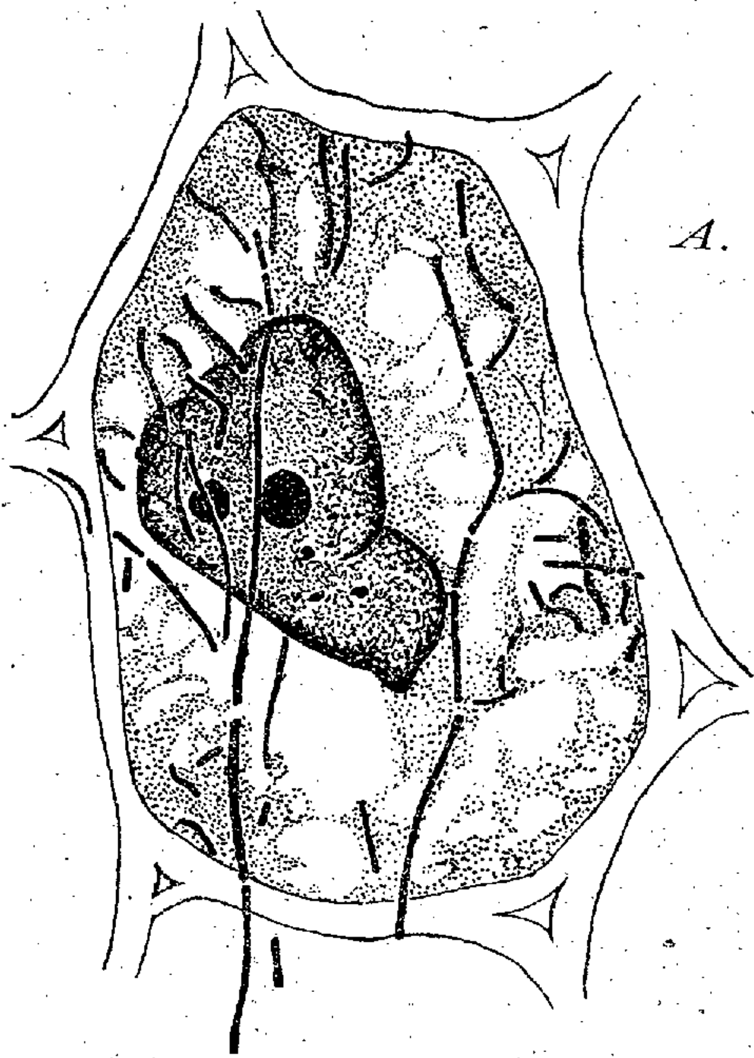
Le microorganisme disparaît progressivement par phagocytose (*fig.* D) et on ne le trouve plus dans une 3ᵉ zone qui pourtant a subi l'infection.

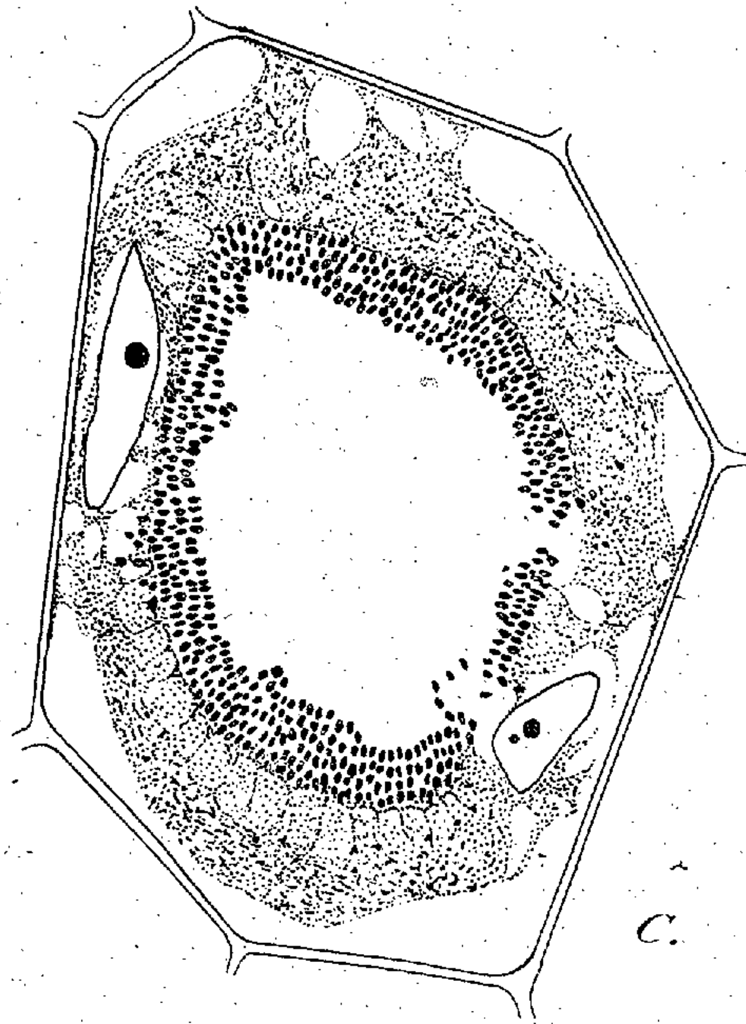
Parallèlement, dans ces diverses zones, s'observent des modifications cellulaires remarquables :

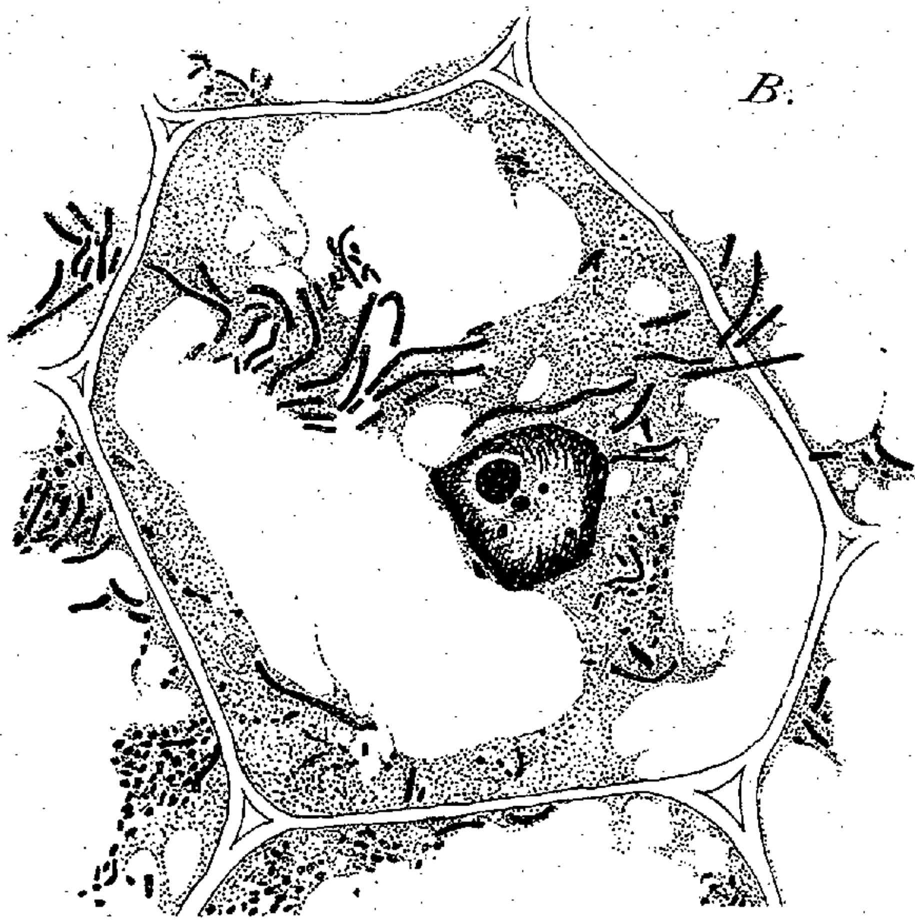
Dans les cellules à endophyte filamenteux, l'amidon a disparu. Le noyau hypertrophié prend une forme amiboïde (*fig.* A) et enfin se fragmente; chondriosomes et plastes perdent progressivement leur chromaticité, puis les plastes disparaissent. Les modifications deviennent encore beaucoup

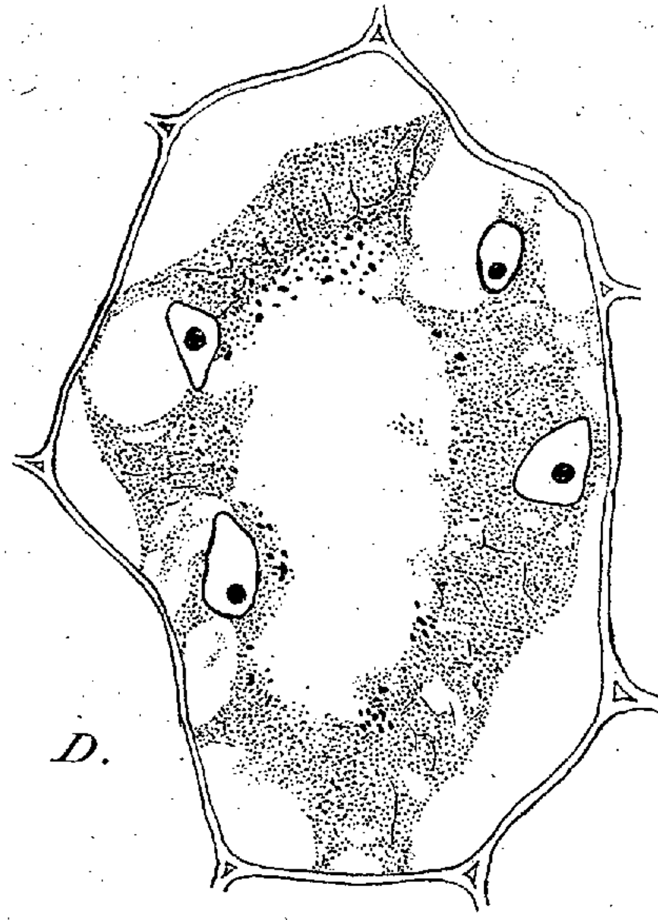
(¹) Séance du 24 juillet 1939.

(²) Les figures A et B sont au grossissement de 1274; les figures C et D sont au grossissement de 710.


A.


C.


B.


D.

plus importantes dans la zone à *cocci* où l'hypertrophie de la cellule s'accentue tandis que les divers noyaux sont répartis dans le cytoplasme périphérique (*fig.* C). Loin du méristème terminal, enfin les cellules analogues aux précédentes sont dépourvues d'endophyte ; quelques-unes paraissent avoir succombé sous l'action du parasite ; d'autres survivent et leur évolution présente de nouvelles particularités.

Les fragments nucléaires se rapprochent puis se fusionnent; on observe à nouveau le chondriome normal des cellules du parenchyme cortical sous forme de grains ou de bâtonnets courts. Toutefois l'appareil plastidaire ne se reconstitue pas, et jamais il ne se forme d'amidon.

Notons d'autre part que des variations nucléaires parallèles à celles que nous venons de signaler se retrouvent dans des cellules non infectées situées au voisinage des diverses zones précédentes; elles traduisent une action à distance de l'endophyte.

En résumé, j'ai pu suivre dans les tumeurs radicales de *Datisca cannabina* l'évolution d'un endophyte intracellulaire constitué par des bactéries d'abord filamenteuses, puis en forme de *cocci*. Les cellules infectées subissent des modifications remarquables portant sur le noyau, le chondriome, les plastes, les réserves amylacées; souvent elles phagocytent leur endophyte. Après la disparition de ce dernier elles survivent, leur appareil nucléaire et leur chondriome retrouvent un état d'équilibre, mais les modifications qu'ont subi les plastes paraissent irréversibles.

La séance est levée à 15h40m.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 AOUT 1939.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE BÉHAL.

MEMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de l'Assomption la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 16 août au lieu du lundi 14.

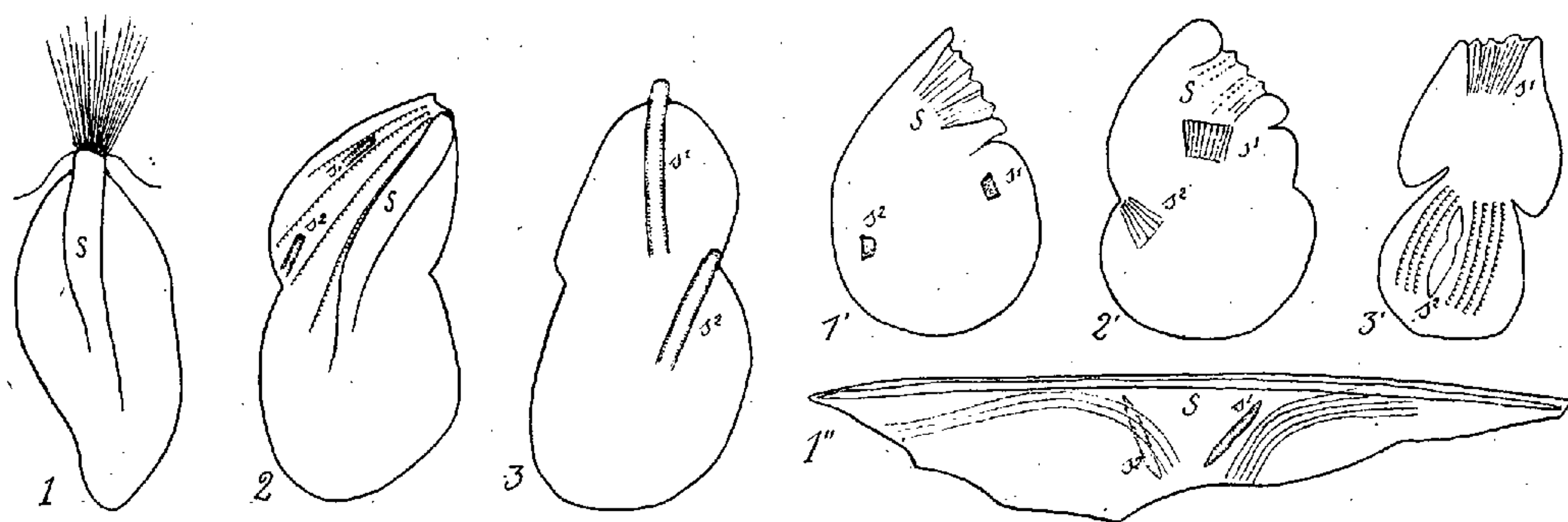
PROTISTOLOGIE. — *Sur le suçoir des Infusoires Thigmotriches Rhynchoïdés* (Hypocomidæ *et* Sphenophryidæ) *et sa genèse*. Note [1] de MM. **Édouard Chatton** et **André Lwoff.**

Le sous-ordre des *Thigmotricha* Ch. et Lw., parmi les Infusoires Holotriches, formé de Ciliés phorétiques, inquilins ou parasites sur les Mollusques, les Échinodermes et les Protozoaires sessiles, peut être subdivisé en deux tribus : les *Stomatidæ*, comprenant les trois familles des *Thigmophryidæ* Ch. et Lw., des *Conchophthiriidæ* Kahl et des *Hemispeiridæ* König (= *Ancistridæ* Issel), dont tous les représentants sont pourvus d'une bouche fonctionnelle de situation postérieure, et les *Rhynchoïdæ*, avec les deux familles des *Hypocomidæ* Bütsch. et des *Sphenophryidæ* Ch. et Lw., chez lesquels la bouche disparue se trouve suppléée par une trompe ou suçoir de néoformation, apparu au pôle antérieur du Cilié, qui est aussi son pôle de fixation sur l'hôte. Nous avons, dès 1922, fait connaître cette évolution qui a été admise par tous les auteurs.

A cette époque nous avions, en décrivant ici même les *Sphenophryidæ* des genres *Pelecyophrya* et *Sphenophrya*, signalé l'existence, dans leur

[1] Séance du 24 juillet 1939.

cytoplasme, de formations énigmatiques qui se présentaient chez les premiers, mais dans environ 30 % des individus seulement, sous forme de deux courts manchons sidérophiles et chez les seconds comme une baguette ou acicule qui, au moment du bourgeonnement, passait du cytoplasme de la souche dans celui du bourgeon. Il y a, en outre, dans la *Sphenophrya*, une très longue baguette gisant tout le long de la face de fixation sur l'hôte et que nous considérions comme résultant de l'allongement de la baguette embryonnaire, et jouant un rôle de soutien. Mais nous n'avions pas établi



Genèse du suçoir des Rhynchoïdés. 1-3 chez *Hypocomella cardii* Ch. et Lw., 1'-3' chez *Pelecyophrya tapetis* Ch. et Lw., 1" chez *Sphenophrya dosiniæ* Ch. et Lw. S, suçoir ancien; s^1, s^2, les deux suçoirs nouveaux.

d'homologies entre les *baguettes* de la *Sphenophrya* et les cylindres de la *Pelecyophrya*.

Nous avons récemment retrouvé des organites identiques à ces derniers chez plusieurs Hypocomidés, en avons repris l'étude et pouvons affirmer qu'ils représentent les ébauches des suçoirs que régénèrent les individus fils lors de chaque bipartition. Cette périodicité explique qu'on ne les trouve que dans un pourcentage limité d'individus.

Chez *Hypocomella cardii* Ch. et Lw., par exemple, le suçoir est constitué par un long cylindre de protoplasme condensé et sidérophile, que nous appelons la gaine ou *vagina*. Celle-ci contient du cytoplasme fluide qui émet à l'orifice externe de très fins pseudopodes s'irradiant dans le protoplasme de la cellule hôte.

Peu avant la bipartition, on voit apparaître de part et d'autre de l'équateur du corps, et au contact de deux cinéties très voisines, deux globules sidérophiles, qui sont quelquefois unis comme par un pédicule (desmose) à un cinétosome de la cinétie. Ils prennent rapidement la forme de cylindres fermés à leurs bouts antérieurs par une calotte fortement

chromatique. Le suçoir ancien commence alors à se dissoudre *in situ*. Au moment de la scission, l'un des cylindres se trouve dans le proter où il prend la place et la direction du suçoir ancien, l'autre reste dans l'opisthe affleurant sa surface par l'une de ses extrémités au niveau de la zone de scission. Tous deux s'allongent dès lors vers la profondeur. C'est ainsi que sont renouvelés les suçoirs à chaque génération, à partir d'ébauches qui sont, pour autant qu'on puisse s'en assurer, indépendantes l'une de l'autre et du suçoir ancien. A moins, toutefois, qu'il ne se révèle là, au cours de recherches ultérieures, une continuité génétique analogue à celle que nous avons fait connaître dans la genèse des bouches et des ciliatures différenciées chez les Ciliés.

Chez les *Pelecyophrya*, qui sont intermédiaires entre les *Hypocomidæ* et les *Sphenophryidæ*, tout se passe comme chez *Hypocomella*, quoique le suçoir définitif y soit de forme très différente.

Chez la *Sphenophrya*, le suçoir est une longue fente sertie sur sa marge d'une bande étroite de cytoplasme condensé, qui en constitue la gaine ou *vagina*. Elle occupe toute la face tranchante du corps par laquelle le parasite est fixé à l'hôte. Nous l'avions décrite en 1921 comme une baguette de soutien. Et nous avions bien vu, au moment du bourgeonnement, une baguette beaucoup plus courte passer de l'individu souche dans le bourgeon, et s'y développer en la baguette de l'adulte. Mais il nous avait échappé alors que celle-ci se dissolvait au moment du bourgeonnement et qu'elle était remplacée par une nouvelle résultant du développement, très rapide, d'une seconde ébauche identique à celle qui passe dans l'embryon, et qui coexiste avec elle dans le cytoplasme de la souche pendant de courts instants.

Chez le *Gargarius gargarius* Ch. et Lw., autre Sphenophryidé, le suçoir offre la même disposition que chez la *Sphenophrya*, et il se comporte de la même manière au cours du bourgeonnement.

Il résulte donc de nos observations :

1° que le suçoir des *Rhynchoidæ* est, comme toutes les formations quelque peu différenciées des Infusoires, résorbé à chaque bipartition et remplacé dans chacun des individus fils, par un organite de nouvelle formation ;

2° que les corps énigmatiques décrits chez les *Sphenophryidæ* par nous-mêmes et revus par divers auteurs ne sont que les ébauches des deux nouveaux suçoirs ;

3° que ces ébauches ont probablement pour origine, elles-mêmes, un cinétosome ;

4° que le mode de genèse du suçoir suggère une conception de sa néoformation chez les Rhynchoïdés, moins simpliste que ne le serait celle qui consisterait à le considérer comme s'étant développé au pôle de fixation de l'Infusoire sur l'hôte, sous l'effet de quelque irritation ou excitation fonctionnelle;

5° rien d'analogue à ce que nous faisons connaître chez les Thigmotriches Rhynchoïdés n'a été observé jusqu'ici chez les Acinétiens quant à la genèse de leur suçoir.

NOMINATIONS.

L'Académie désigne MM. **Georges Perrier**, Membre de l'Académie; **Edmond Rothé**, Correspondant de l'Académie; MM. **Bachet**, **Cochin**, **Couderd**, **Coulomb**, **Dedebant**, **Diénert**, **Raymond Fischesser**, **Jacquinet**, **Jacquinot**, **Le Danois**, **Michel-Lévy**, **Pélissier**, **Tardi**, **Vignal**, **Wehrlé** pour représenter la France à la Septième Assemblée générale de l'*Union géodésique et géophysique internationale*, à Washington, en septembre 1939.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

*Voyage zoologique d'*Henri Gadeau de Kerville *en Asie-Mineure* (avril-mai 1912). Tome premier, première Partie. *Mémoires sur les Myriopodes et les Isopodes récoltés pendant ce voyage* par le Comte Carl Attems et le Professeur Alceste Arcangeli. *Récit sommaire du voyage et Liste méthodique des Invertébrés et des Vertébrés récoltés en Asie-Mineure* par Henri Gadeau de Kerville.

GÉOMÉTRIE. — *Sur une méthode géométrique permettant d'obtenir 991 des 2015 coniques de contact d'une courbe plane quintique.* Note de M. **Amin Yasin Amin**, transmise par M. Élie Cartan.

Selon l'interprétation géométrique ([1]) des fonctions ϑ, on connaît l'existence de 2015 coniques qui touchent en cinq points une courbe plane quintique quelconque n'ayant pas de points multiples. F. P. White ([2]) a réussi à obtenir 991 de ces coniques au moyen d'une hypersurface cubique de l'espace à quatre dimensions. On se propose ici d'étudier une autre manière de les obtenir en se servant d'une surface quartique de l'espace à trois dimensions.

On voit d'abord que le cône enveloppant une hypersurface cubique L de l'espace à quatre dimensions et ayant son sommet sur L est du quatrième degré. On montre alors que la section Q du cône par un hyperplan est touchée par un plan H le long d'une conique Φ sur laquelle se trouvent six points doubles de Q.

En effet, en prenant (0, 0, 0, 0, 1) comme sommet, l'équation de L devient

$$a_1 u^2 + 2 h_2 u + b_3 = 0,$$

où a_1, h_2, b_3 sont des polynomes homogènes en x, y, z, t ayant les degrés indiqués par les indices. Par conséquent l'équation de Q est $a_1 b_3 - h_2^2 = 0$, d'où l'on tire que $a_1 = 0$ est l'équation de H, tandis que $h_2 = 0$ représente une quadrique renfermant Φ. Enfin les points doubles sont donnés par $a_1 = h_2 = b_3 = 0$.

Or, étant donnée une surface quartique $\mathfrak{Q}$ avec un point double $\mathfrak{O}$, le lieu des tangentes menées à cette surface par $\mathfrak{O}$ est formé du cône tangent $\mathfrak{C}$ à $\mathfrak{O}$ et d'un cône sextique ([3]) touché par $\mathfrak{C}$ le long de six génératrices. En effet, pour la surface Q considérée, on trouve que le cône sextique se décompose en H et en un cône quintique quelconque T ([2]). Par conséquent $\mathfrak{C}$ est en contact avec T le long de cinq génératrices.

On prouve ensuite qu'une quadrique renfermant Φ donne comme section résiduelle avec Q une courbe gauche sextique de genre 4 le long de laquelle Q est en contact avec une surface cubique S passant par les points

([1]) A. Krazer, *Lehrbuch der Thetafunctionen*, 1903, p. 303.

([2]) *Proc. London Math. Soc.*, 2e série, 30, 1930, p. 347.

([3]) *Journal London Math. Soc.*, 11, 1936, p. 141.

doubles de Q. Ainsi le système de ∞^4 quadriques renfermant Φ donne un système Σ de surfaces de contact cubiques de Q dont chacune passe par les 6 points doubles de Q. Il est possible alors de prouver à l'aide du théorème de Fano ([4]) que 495 surfaces du système Σ possèdent 4 points doubles chacune. Mais il est bien connu que le cône enveloppant mené de O à une surface cubique avec 4 points doubles se décompose en une paire de cônes quadriques.

On obtient ainsi, à part C, $2 \times 495 = 990$ cônes quadriques qui touchent T le long de 5 génératrices. Enfin une courbe générale du cinquième degré, obtenue par une section plane de T, touchera 991 coniques.

CINÉMATIQUE DES SYSTÈMES DÉFORMABLES. — *Sur l'enveloppe des surfaces inextensibles.* Note de M. **Henri Pailloux**.

Reprenant un problème déjà étudié par G. Kœnigs et M. R. Garnier ([1]), nous cherchions l'enveloppe d'une surface rigide de mouvement connu. Nous avions signalé des propriétés nouvelles ou connues de la ligne de raccordement. Indiquons maintenant comment on détermine l'indicatrice de l'enveloppe en tout point de la ligne de raccordement. Cette indicatrice étant bitangente à celle de la surface mobile, il suffit d'en déterminer un point pour l'obtenir. Il suffit de prendre celui qui se trouve sur le support de la vitesse, un des rayons doubles de l'homographie qui existe entre les tangentes homologues en chaque point de contact des deux surfaces. Comme les trièdres géodésiques des courbes homologues sont confondus, les formules (4) et (5) de la Note citée se simplifient et l'on trouve

$$\Omega g = \frac{s'_1}{R_{m_1}} - \frac{s'_2}{R_{m_2}},$$

qui résout la question. L'indice 2 désigne la surface mobile, et 1 l'enveloppe. Comme on sait calculer s'_2 à partir de σ'_2, on en déduit s'_1, puis $1/R_{m_1}$.

Si S_2 a même indicatrice que son enveloppe, on a les deux formules remarquables

$$m(\Omega \wedge V) = \frac{V^2}{R_m}, \qquad \Omega V = \frac{V^2}{T_r}.$$

([4]) *Annali di Mat.*, 3e série, **10**, 1904, p. 251.

([1]) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1553.

Si nous supposons maintenant que la surface mobile n'est plus rigide, mais simplement inextensible, on constate que les résultats précédents, et ceux de la Note citée ne subissent aucune modification formelle. Il y a seulement lieu de se rappeler que la rotation, à chaque instant, n'est plus constante le long de la ligne de raccordement.

Comme application on peut se proposer le problème suivant : déformer une surface inextensible de façon qu'elle roule sans glisser sur son enveloppe, c'est-à-dire de façon que la vitesse soit nulle en tout point de la ligne $\mathcal{L}$ de raccordement. Voici quelques propriétés d'un tel mouvement : S_2 et S_1 sont applicables; le long de $\mathcal{L}$, la rotation lui est constamment tangente; si W est la vitesse d'un point mobile sur S_2, mais qui reste constamment sur $\mathcal{L}$, on a

$$\Omega \wedge W + \Gamma = 0,$$

comme dans le roulement d'un solide sur un autre; l'accélération est portée par la normale commune aux deux surfaces; $\mathcal{L}$ est une asymptotique commune, mais tandis que sur l'enveloppe les courbes $\mathcal{L}$ forment une famille d'asymptotiques, sur la surface mobile, la propriété n'est vraie qu'à l'instant considéré; à ce même instant, sur la surface $S(\Omega)$, la courbe homologue de $\mathcal{L}$ est la courbe de raccordement avec le cône de sommet O circonscrit à $S(\Omega)$; sur $\mathcal{L}$ le vecteur $d\Omega$ est porté par la deuxième tangente asymptotique; si la surface mobile est donnée en position à l'instant initial, il en résulte la connaissance de la rotation le long de $\mathcal{L}$, à un facteur d'homogénéité près.

Ces résultats peuvent être rapprochés de ceux qu'on obtient dans le problème suivant : une surface inextensible étant donnée en position, que faut-il connaître de la distribution des rotations pour qu'elle soit bien déterminée? On peut prendre arbitrairement une courbe C sur $S(M)$ et lui faire correspondre une courbe arbitraire $\mathcal{C}$ (avec correspondance ponctuelle) par laquelle passera $S(\Omega)$; le problème est déterminé si C n'est pas une asymptotique, et si la tangente à $\mathcal{C}$ n'est pas parallèle à la deuxième tangente asymptotique en M. Si au contraire ces deux conditions sont réalisées simultanément, le problème est indéterminé; pour qu'il soit déterminé, on peut se donner arbitrairement le long de $\mathcal{C}$ une direction de tangentes asymptotiques.

On peut encore obtenir des résultats intéressants pour les surfaces pouvant glisser sur elles-mêmes. Ainsi, en désignant par u, u', p, p', les composantes de la vitesse et de la rotation suivant les directions princi-

pales, on a

$$p=\frac{u'}{R'},\qquad p'=-\frac{u}{R};$$

et l'on montre qu'en chaque point, la rotation normale est indépendante du temps. Dans ce mouvement l'accélération vaut $\Omega\wedge V$. Si l'on introduit une ligne de vitesse, sa courbure géodésique est constante et, si v désigne la mesure de la vitesse, en chaque point,

$$\Omega_t=\frac{v}{T_r},\qquad \Omega_n=0,\qquad \Omega_b=\frac{v}{R},\qquad \Omega_m=\frac{v}{R_g},\qquad \Omega_g=\frac{v}{R_m},$$

t, n, b vecteurs unitaires du trièdre principal, t, m, g pour le trièdre géodésique.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la force de London-van der Waals entre deux particules en forme de disques.* Note [1] de MM. **Ganesh Prasad Dube** et **Hiranya Kumar Dasgupta**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les systèmes, présentant le phénomène de thixotropie, contiennent en général des particules non sphériques [2] (par exemple, les particules dans les solutions colloïdales de V^2O^5 sont en forme de bâtons, et celles de l'oxyde de fer sont en forme de disques). Dans cette Note nous donnerons l'expression de l'énergie de London-van der Waals pour le cas où les particules sont circulaires.

Nous nous bornerons ici à considérer le cas de deux disques circulaires dans deux cas : (α) les disques sont dans le même plan, (β) les disques ont leurs plans parallèles qui sont aussi perpendiculaires à la ligne des centres. L'énergie d'interaction entre deux particules, dans ces cas, est donnée par

$$(1)\qquad E=-q^2\lambda\,\delta l_1\,\delta l_2\int_{S_1}\int_{S_2}\frac{dS_1\,dS_2}{r^6},$$

où λ est la constante de London-van der Waals; δl_1, δl_2 sont des épaisseurs de deux disques; dS_1, dS_2 les éléments de surface, r est la distance entre ces éléments et q est le nombre des atomes par centimètre cube.

---

[1] Séance du 24 juillet 1939.

[2] Voir H. Freundlich, *Thixotropie* (*Actualités scientifiques et industrielles*, n° 267, Hermann, Paris, 1935, p. 19).

Pour évaluer l'intégrale, nous déterminerons d'abord l'énergie potentielle, due au premier disque de rayon a à un point P des coordonnées $(x, 0, z)$, le centre du disque étant l'origine. Ceci devient

$$(2)\qquad -\frac{\delta l_1 \pi\lambda q}{4}\left\{\frac{1}{z^4}-\frac{z^2-ax+x^2}{z^2(\quad)\sqrt{\quad}}-\frac{z^2+ax+x^2}{z^2[\quad]\sqrt{\quad}}-\frac{(x^2-z^2-a^2)}{z^4\sqrt{\quad}}\right\},$$

où

$$(\quad)=(x-a)^2+z^2,\qquad [\quad]=(x+a)^2+z^2,\qquad \sqrt{\quad}=\{[\quad](\quad)\}^{\frac{1}{2}}.$$

Pour le cas (α), en posant $z=0$ en (2), puis faisant l'intégration sur la surface du second disque de rayon b, nous obtenons

$$(3)\qquad E_\alpha=-\frac{\delta l_1\,\delta l_2\,\lambda q^2\pi^2 a^2 b^2}{2}\,\frac{\{c^2(2c^2-a^2-b^2)-(b^2-a^2)^2\}}{\{(c+b+a)(c+b-a)(c-b+a)(c-b-a)\}^{\frac{5}{2}}},$$

où c est la distance entre leurs centres. Dans le cas particulier $a=b$ et $s=c/a$, l'équation (3) se réduit à l'expression

$$(4)\qquad E_\alpha=-\delta l_1\,\delta l_2\,\frac{\lambda q^2\pi^2}{a^2}\,\frac{s^2-1}{s^3(s^2-4)^{\frac{5}{2}}}.$$

Pour d très petit, où $c=a+b+d$, il est facile à voir que

$$(5)\qquad E_\alpha\propto\frac{1}{d^{\frac{5}{2}}}.$$

Pour le cas (β), en posant $z=c$ et $x=r$ (où r représente la distance du point P au centre du second disque) et en intégrant sur la surface du second disque, nous avons

$$(6)\qquad E_\beta=-\frac{\delta l_1\,\delta l_2\,\lambda q^2\pi^2}{4c^4}\left[(b^2+a^2)-\frac{(b^2-a^2)^2+c^2(a^2+b^2)}{\sqrt{\{(b+a)^2+c^2\}\{(b-a)^2+c^2\}}}\right]$$

qui, pour le cas particulier $a=b$ et $c=as$, se réduit à

$$(7)\qquad E_\beta=-\frac{\delta l_1\,\delta t_2\,\lambda q^2\pi^2}{2a^2}\left\{\frac{1}{s^4}-\frac{1}{s^3(s^2+4)^{\frac{1}{2}}}\right\}.$$

Pour s très petit,

$$(8)\qquad E_\beta\propto\frac{1}{s^4}.$$

Les résultats ainsi trouvés diffèrent de ceux obtenus dans le cas de deux sphères ([3]) où E varie comme $1/x$ pour x petit. Remarquons que le rang

([3]) H. C. HAMAKER, *Physica*, 4, n° 10, 1937, p. 1062.

de la force London-van der Waals en cas (α) est plus grand que celui du cas (β). Peut-être les particules en pâtes thixotropiques présentent-elles, de préférence, l'arrangement du cas (α).

ASTROPHYSIQUE. — *Nouvelles raies d'émission dans le spectre de γ Cassiopeiæ.* Note de MM. **Tcheng Mao-Lin** et **Jean Dufay**, transmise par M. Charles Fabry.

1. Nous avons étudié avec trois prismes-objectifs différents le spectre de γ Cassiopeiæ, dans l'intervalle 3750-5876 Å, à l'époque où il montrait le plus grand nombre de raies brillantes (octobre 1937 à juillet 1938). Parmi les éléments déjà connus dans cette étoile, nous retrouvons les raies de HI (jusqu'à $H_\varkappa$), de HeI, 85 raies environ de FeII, des raies de TiII, MgII, AlII, CrII, NiII, SrII et CaII. Mais nos mesures mettent en évidence beaucoup de raies nouvelles qui ne peuvent pas être attribuées aux atomes précédents.

Grâce à la liste de raies de FeIII encore inédite que Swings et Edlén ont bien voulu mettre à notre disposition, nous avons pu identifier de nombreuses raies du fer doublement ionisé [1]. Le Tableau ci-contre donne celles d'entre elles qui paraissent à peu près exemptes de *blends*. Les raies intenses de Fe III qui manquent sont masquées par de fortes raies de HeI, FeII, TiII, etc., de sorte que le spectre de FeIII paraît particulièrement bien représenté en émission dans l'atmosphère de γ Cassiopeiæ.

2. On admet que l'émission des raies permises se produit, dans les étoiles B, par recombinaison d'ions et d'électrons. En 1932, les raies d'émission observées par Struve et Swings [2] dans γ Cassiopeiæ correspondaient au plus au potentiel d'ionisation 18,2 volts. Or, le potentiel d'ionisation de FeIII, qui a pu être calculé avec précision par Edlén et Swings, atteint 30,48 ± 0,03 volts. L'excitation a donc considérablement augmenté en 1937-1938.

---

(1) Swings et Edlen (*Astrophysical Journal*, 88, 1938, p. 618) ont déjà proposé d'attribuer à FeIII trois raies observées par Baldwin (*Astrophysical Journal*, 87, 1938, p. 573) dans γ Cassiopeiæ. Depuis, ils ont étudié le spectre de FeIII au laboratoire et trouvé de nombreuses raies de FeIII en absorption dans γ Pegasi et quelques raies en émission dans P Cygni et BD + 11°4673 (P. Swings, B. Edlén et J. Grandjfean, *Astrophysical Journal*, sous presse).

(2) *Astrophysical Journal*, 75, 1932, p. 161.

Il est par suite vraisemblable de trouver en émission les raies d'autres atomes abondants dont les potentiels d'ionisation n'excèdent pas 30,5 V. En plus des éléments déjà signalés, nous trouvons en effet en émission des raies de N II (29,6 V.), observées seulement jusqu'ici en absorption, des raies de Ti III (27,6 V.) et de C II (24,3 V.).

γ Cas.	Fe III.	γ Cas.	Fe III.	γ Cas.	Fe III.
3909,6 (1)	10,9 (4)	4187,0 (1)	86,5 (4)	5002,5 (2,5)	02,0 (8)
3993,2 (2)	93,2 (5)	4189,4 (3)	89,1 (7)	5036,2 (1)	35,8 (6)
4000,1 (2)	99,8 (4) 00,4 (4)	4210,8 (1,5)	10,9 (10)	5063,7 (2)	63,5 (pred)
4004,5 (1,5)	03,4 (4)	4221,1 (2,5)	20,3 (5) 22,4 (8)	5100,2 (2)	00,7 (10)
4022,5 (1,5)	22,4 (4)	4249,5 (1,5)	49,9 (7)	5216,0 (2)	17,0 (8)
4035,6 (1)	35,5 (4)	4256,6 (2)	55,2 (5)	5245,7 (1,5)	43,3 (10)
4040,0 (1)	39,1 (3s)	4286,0 (2)	86,1 (8)	5260,4 (1)	60,2 (10)
4082,9 (1,5)	81,2 (7)	4372,1 (2,5)	72,4 (20)	5292,3 (2)	91,8 (5)
4109,2 (2)	09,9 (5?)	4382,5 (3)	82,5 (pred)	5302,5 (2)	02,5 (6)
4113,1 (2)	13,2 (7) 13,4 (7)	4419,8 (2,5)	19,6 (10)	5331,9 (1,5)	30,1 (3)
4134,0 (1,5)	34,5 (4)	4430,1 (2,5)	30,9 (7)	5339,7 (2,5)	39,9 (7)
4136,0 (1,5)	36,9 (4)	4536,4 (1)	35,5 (5)	5341,7 (3)	40,9 (5)
4137,8 (1,5)	37,9 (8)	4544,7 (1)	44,0 (4) 45,1 (4)	5353,7 (3)	53,8 (5)
4139,1 (1)	39,4 (7)	4568,1 (1,5)	67,4 (4) 67,8 (4)	5466,0 (1)	65,9 (4) 66,5 (5)
4155,3 (3)	55,0 (8)	4950,1 (2)	48,0 (4) 48,5 (5) 51,0 (4)	5493,1 (2)	92,3 (3) 93,7 (3) 94,7 (2)
4166,0 (3)	64,8 (20) 66,9 (9)	4984,6 (1)	83,9 (2) 84,5 (3) 85,1 (3)	5507,3 (1)	06,7 (6)
4174,3 (2,5)	74,3 (10)				
4183,0 (1)	82,0 (4)				
4184,8 (3)	84,0 (4) 84,6 (3) 85,1 (3)				

Les raies 3955,9(2), 4607,6(1), 4613,9(1,5), 4643,5(2,5), 4999,5(2) et 5005,5(1,5) peuvent être attribuées à N II. Les fortes raies 4200,8(2,5), 4205,0(2), 4207,4(3) et 4214,5(3) correspondent aux quatre raies caractéristiques de Ti III, mais la première et la dernière peuvent être superposées respectivement à Fe III 4200,1(6) et Sr II 4215,3(300). La raie intense 4266,3(3,5) peut être attribuée à C II.

3. La recherche des raies interdites de Fe II est rendue difficile par de nombreuses superpositions. Toutefois la raie 4359,7(3,0), pour laquelle nous n'avons pas d'autre attribution, correspond bien à l'une des plus fortes raies de [Fe II]. De même les raies 4413,5(2,6) et 4276,4(2,2)

seraient mieux expliquées par [Fe II] 4413,5 et 4276,8 que par les faibles raies Fe II 4413,6 (0) et Cr II 4275,1 (1).

Nous observons d'autre part deux raies faibles 4658,0 (0,8) et 4702,3 (0,4) très voisines des raies interdites de Fe III, calculées par Swings et Edlén (4658,4 et 4701,8), et retrouvées par eux dans le spectre de RY Scuti avec les intensités 4 et 2. La présence des raies de [Fe II] et [Fe III] dans le spectre de γ Cassiopeiæ n'est donc pas exclue.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Phénomènes accompagnant la régression de la calotte polaire australe de Mars. Fissures et chenaux sombres les prolongeant.* Note de M. **René Jarry Desloges**, présentée par M. Ernest Esclangon.

L'opposition périhélique de la planète Mars en 1924, suivie à mon observatoire de Sétif du début de mai au milieu d'octobre, a permis à M. G. Fournier, à l'aide de ses propres observations et de celles de M. Hudelot, une étude approfondie du retrait et de la désagrégation de la calotte polaire australe.

L'époque de l'apparition et l'emplacement des principales fissures ont été déterminés, et l'ensemble du système constitué par celles-ci a pu être représenté de façon satisfaisante suivant ses positions aréographiques. Les fissures procèdent d'un sinus central formé de quatre composantes s'étendant le long du 80ᵉ parallèle, entre les méridiens 150° et 330°. Les diverses parties de ce système n'ont, du reste, pas nécessairement coexisté.

Les constatations faites relativement aux plages brillantes qui, d'abord incluses dans la masse de la blancheur polaire, s'en sont détachées dans la suite, ont montré, une fois de plus, la grande stabilité des conditions climatériques dans ces régions australes de Mars. C'est ainsi que le détachement complet du fragment correspondant à *Novissima Thyle*, s'est effectué exactement à la même époque de l'année martienne à 15 ans de distance, en 1909 et en 1924; la longitude héliocentrique étant à la première de ces dates de 355°, et à la seconde de 354°, l'écart correspond à une durée de 2 jours seulement.

L'étude des colorations montrées par la calotte polaire établit nettement que, sous réserve de ce qui a lieu en hiver, les apparences jaunâtres sont un phénomène caractéristique de la première partie du printemps martien. En effet, pour la période de 70 jours s'étendant entre les longitudes héliocentriques 262° et 304°, on a relevé 32 côtes jaunes, alors que, dans la

suite, jusqu'à la longitude héliocentrique de 4°, soit pour une durée de 92 jours, il n'en fut enregistré qu'une. Les côtes qui témoignent d'une blancheur particulièrement éclatante suivent, dans le temps une distribution inverse des côtes jaunes.

Les aspects jaunes étant en général attribués à des formations vaporeuses, on est donc fondé à conclure que la transparence atmosphérique, sur les régions polaires australes de Mars, devient très grande à partir du deuxième tiers du printemps dans cet hémisphère.

Sur 57 observations, réalisées par M. G. Fournier, de la bordure sombre qui entoure la calotte polaire, 30 la mentionnent de teinte uniforme en présence de régions blanches d'éclats parfois extrêmement différents; par contre 21 fois, cette même formation fut notée d'intensité inégale le long d'une blancheur parfaitement régulière. Ces faits, appuyés du reste par d'autres constatations, sont incompatibles avec la thèse qui attribue la bordure sombre à un simple effet de contraste, et nous amènent à conclure, encore une fois, à la réalité physique de cette apparence.

Le système des grandes fissures étant déjà en voie de disparition par suite de la régression de la blancheur, de longs chenaux plus ou moins noirâtres se manifestèrent, passé le milieu du printemps, à travers les vastes plages sombres dénommées *mare*, qui couvrent en grande partie l'hémisphère austral. Issus des alentours immédiats de la calotte polaire et, plus ou moins nettement, de sa bordure elle-même, tous aboutissaient à des avancées des aires assombries, *sinus* ou *golfes*, remarquables eux-mêmes, à ce moment, par leur tonalité sombre. Ils témoignaient ainsi d'une relation certaine, dans le temps et dans l'espace, entre ces parties éloignées de la surface de la planète.

Les plus importants furent ceux qui aboutissaient à *Aonius Sinus*, à *Auroræ Sinus*, aux saillies de *Bosphorus Gemmatus* sur *Thaumasia*, et surtout celui qui dès août, apparut dans *Hellespontus* le long de *Noachis*, jusque dans les parages du *Sinus Sabæus*.

Les recherches faites par M. G. Fournier établissent que ces divers chenaux se raccordaient exactement avec les positions des grandes fissures polaires, *à ce moment disparues*, et auxquelles ils étaient, du reste, comparables en largeur. Bien plus, lorqu'en octobre *Novissima Thyle*, complètement dégagée de toute matière blanche polaire, apparut sous son aspect normal d' « île », le chenal *d'Hellespontus* put être suivi jusqu'à elle, la contournant au Sud, dans l'emplacement exact de l'ancienne fissure qu'avait amené son détachement.

Dans ces conditions, si, comme il est vraisemblable, les fissures polaires peuvent être assimilées à des dépressions en forme de vallées, le même caractère doit être attribué aux chenaux sombres. Comme, d'autre part, ces derniers se sont presque toujours montrés prolongés à travers les régions continentales par telle de ces traînées plus ou moins linéaires auxquelles Schiaparelli a donné le nom de *canaux*, il convient de considérer ceux-ci comme participant probablement des mêmes propriétés que les fissures et les chenaux.

Le tout constituerait alors un système susceptible d'orienter dans ses grandes lignes l'orographie de la surface de Mars, et peut-être aussi la structure de son écorce.

Si des chenaux sombres analogues à ceux qui viennent d'être décrits ont déjà, à la vérité, été observés par divers astronomes, il ne semble pas que leurs relations avec les fissures de la calotte polaire australe aient jamais été mises en évidence.

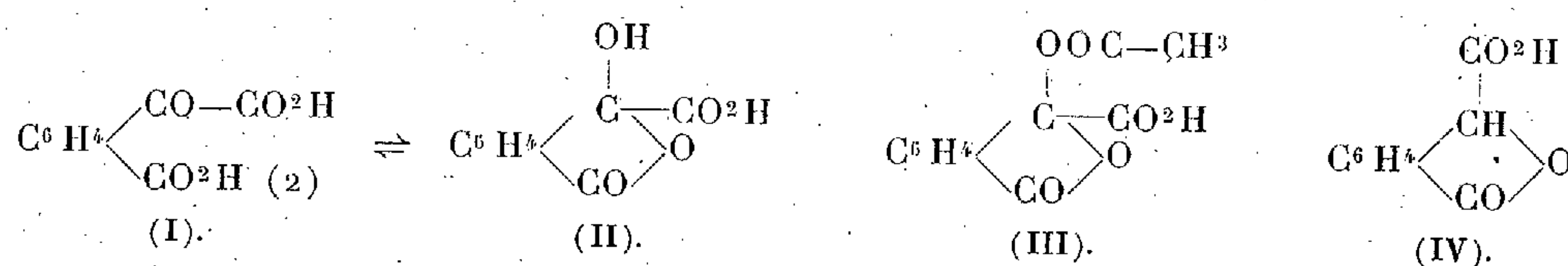
CHIMIE PHYSIQUE. — *Structure et spectre d'absorption de l'acide phtalonique.* Note [1] de MM. **Buu-Hoï** et **Lin-che-Kin**, présentée par M. Paul Langevin.

L'observation [2] selon laquelle le remplacement d'un hydrogène par un oxhydrile sur un carbone méthanique ne change pas sensiblement les fréquences d'absorption caractéristiques des molécules dans l'ultraviolet moyen nous a déjà permis de montrer que l'acide *o*-phtalaldéhydique existe bien sous les deux formes tautomères envisagées par les chimistes [3].

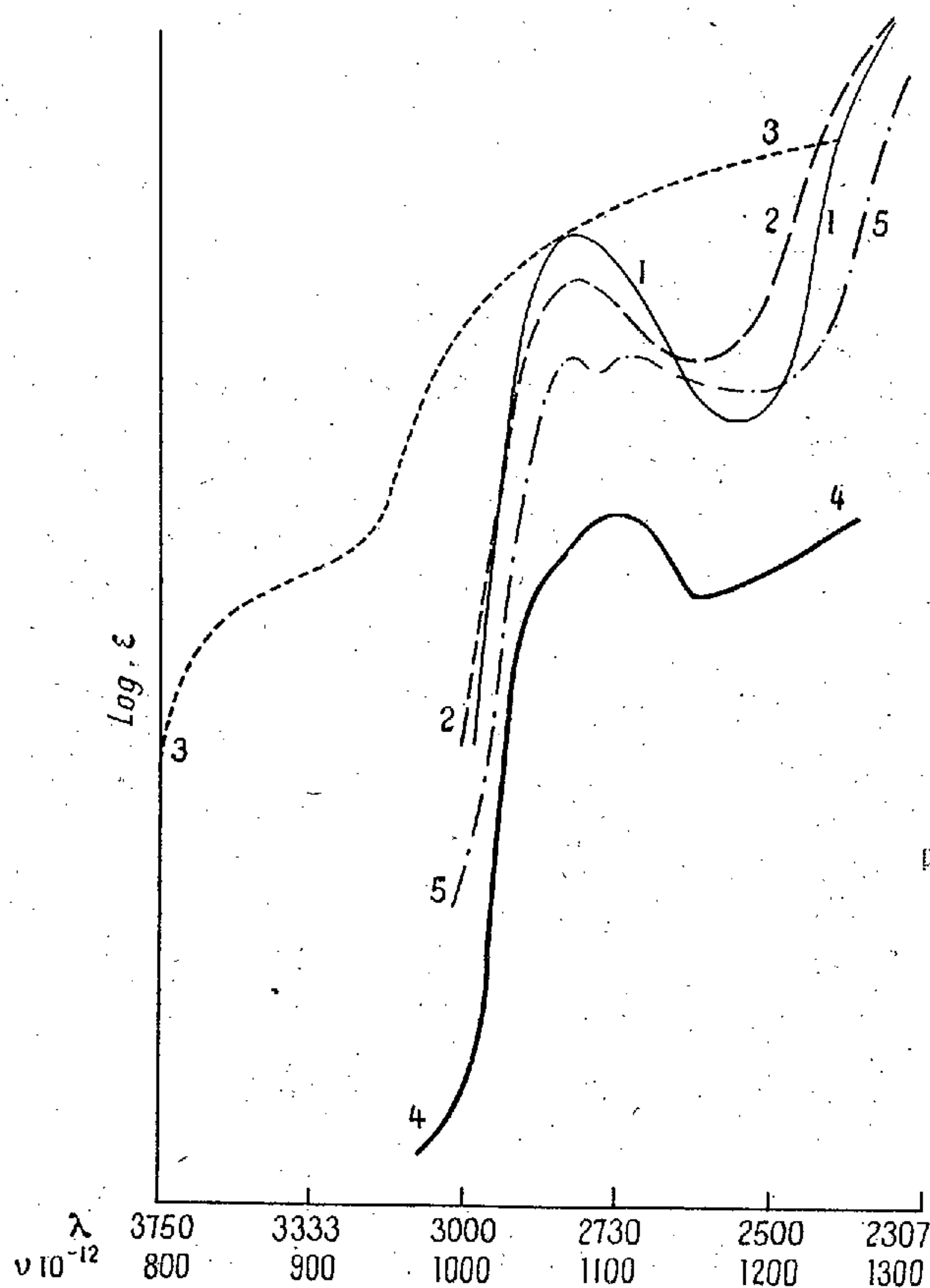
La même méthode nous a permis de déterminer la structure de l'acide phtalonique, au sujet de laquelle bien des discussions eurent lieu. Cet acide réagit en effet chimiquement sous deux formes, γ-cétoacide (I) et oxylactone (II) [4]. Il est possible par exemple de préparer aussi bien un dérivé acétylé (III), correspondant à la structure (II), qu'une semicarbazone relevant de la forme (I) [5]. D'autre part, les mesures électrochimiques

(1) Séance du 24 juillet 1939.
(2) Mme Ramart-Lucas, *Recherches inédites.*
(3) Buu-Hoï et Lin-che-Kin, *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 221.
(4) Travail d'ensemble de Cornillot, *Ann. Chim.*, 7, 1927, p. 227 et 8, 1927, p. 120.
(5) Perkin et Kuroda, *J. Chem. Soc.*, 123, 1923, p. 2097.

faites par de nombreux auteurs ([6]) ont montré que l'une des 2 fonctions acide est extraordinairement faible, ce qu'on ne peut expliquer que par un phénomène de lactonisation :



Les mesures spectrales nous permettent d'attribuer à l'acide phtalonique



la structure oxylactone (II). L'absorption ultraviolette d'un composé répondant à une telle formule phtalidique doit être tout à fait voisine de celle de

([6]) Süss, *Monatshefte für Chimie*, **26**, 1905, p. 1331; Böeseken, *Rec. trav. chim., Pays-Bas*, **40**, 1921, p. 568.

l'acide 3-phtalide-carbonique (IV) (courbe 1). C'est effectivement ce que nous avons observé aussi bien sur les solutions aqueuses (courbe 2) que sur les solutions éthérées (courbe 5) d'acide phtalonique. La courbe (3) représente l'absorption de la forme acide-cétone stable en solution aqueuse de soude à 4 ‰. La courbe (4) correspond au spectre de l'acide phtalonique solide cristallisé, les mesures ayant été effectuées avec l'appareil et selon la méthode qualitative de Mme Guilmart et M. R. Freymann (7). Elle montre qu'on a affaire à une oxylactone pure, puisqu'il ne peut être question de tautomérie chez les substances solides.

En résumé, il semble que l'acide phtalonique solide ou en solution n'existe principalement que sous la forme oxylactonique (II). Cette lactonisation rend compte de la résistance relativement grande de l'acide vis-àvis des réactions de décarboxylation. Des recherches sont en cours pour déterminer la constitution d'autres acides γ-cétoniques.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Sur la cinétique d'oxydation du cobalt.* Note (1) de MM. **Marcel Châtelet** et **René Jouan**, présentée par M. Jean Perrin.

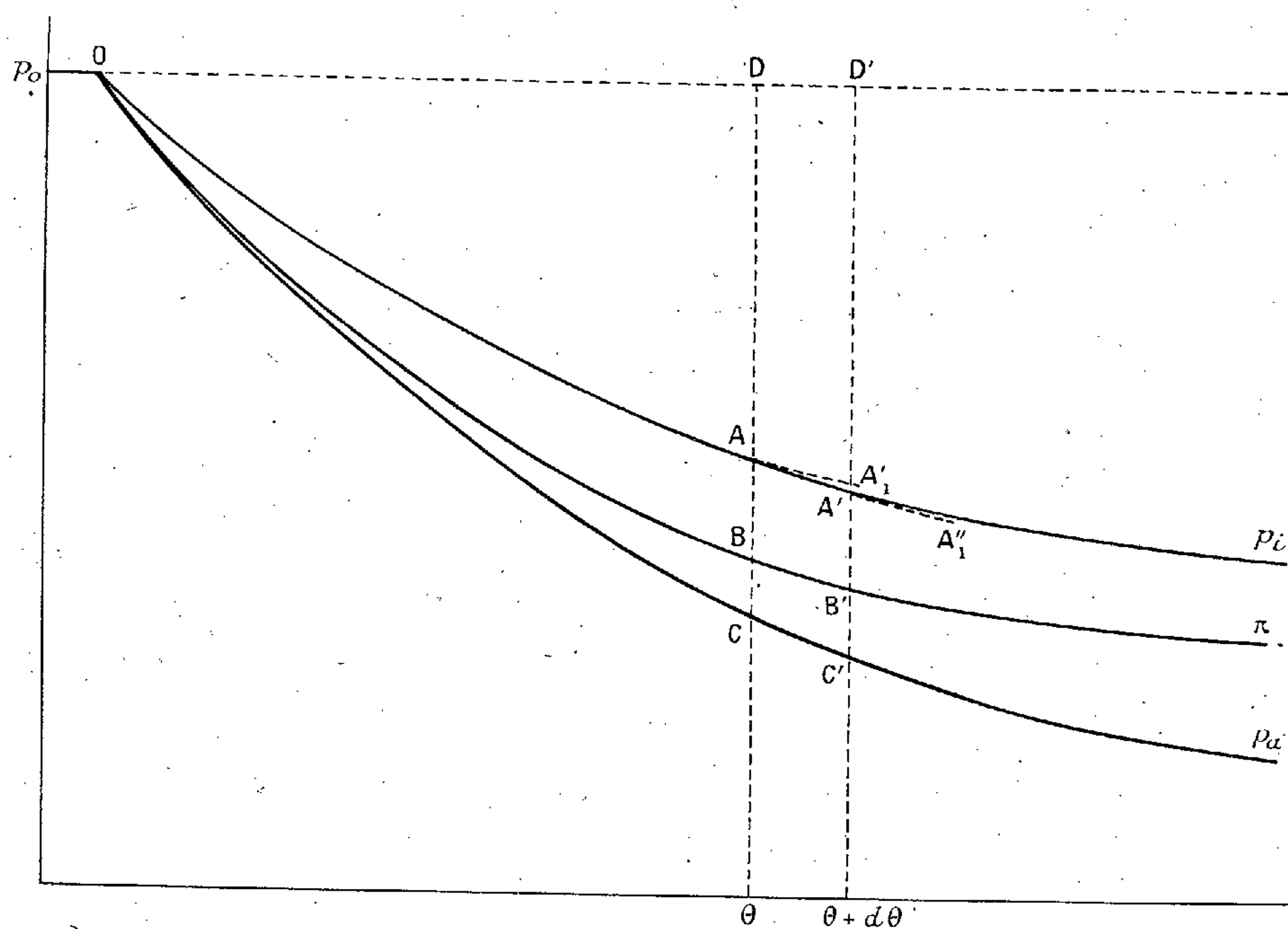
L'un de nous a publié (2) les résultats de recherches préliminaires sur la cinétique d'oxydation des composés cobalteux en solution ammoniacale, oxydation au cours de laquelle le cobalt passe de la valence 2 à la valence 4 pour revenir ensuite à la valence 3. En agitant violemment la solution au contact d'oxygène pur, le premier stade de la réaction est seul atteint dans un temps de l'ordre de 20 secondes. Ceci rend possible son étude qui intéresse deux domaines différents : la fabrication des complexes cobaltiques et la catalyse d'oxydation par les composés du cobalt. Mais cette étude exige la connaissance exacte des quantités d'oxygène absorbées par la solution, en fonction du temps. Aussi avons-nous dû préciser les conditions thermodynamiques de fonctionnement de notre appareil, ce qui a montré que les courbes représentant la variation de pression de l'oxygène en fonction du temps ne peuvent pas être utilisées directement, pour la raison suivante :

---

(7) *Revue d'Optique*, 5, 1938, p. 199.

(1) Séance du 17 juillet 1939.
(2) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 857.

L'absorption de l'oxygène par la solution étudiée provoque une détente du gaz contenu dans le réservoir, assez rapide pour refroidir sensiblement la masse gazeuse. Cette détente n'est pas adiabatique, le gaz recevant



du milieu ambiant une quantité de chaleur dQ qui est, en première approximation, de la forme

$$dQ = K(T_0 - T)\,d\theta. \tag{1}$$

T_0, température du thermostat contenant le réservoir à oxygène;
T, température de l'oxygène au temps θ;
K, coefficient qui peut être déterminé expérimentalement.

L'étude thermodynamique du phénomène conduit à la relation

$$\gamma\frac{dM}{M} + \frac{d\pi}{\pi} = \frac{K}{c_v}\left(\frac{RT_0}{v}\,\frac{1}{\pi} - \frac{1}{M}\right)d\theta, \tag{2}$$

M, masse totale de l'oxygène gazeux contenu dans l'appareil;
π, pression de l'oxygène, enregistrée photographiquement;
v, volume gazeux total.

L'intégration de (2) donne M en fonction du temps, connaissant π. Mais le résultat, trop compliqué, ne fournit pas un moyen pratique

d'utilisation des données de chaque expérience. Aussi avons-nous été amenés à employer le procédé graphique approché suivant qui permet, en quelques heures, de transformer une courbe expérimentale.

A l'instant θ, si la détente de l'oxygène avait été adiabatique, la température serait τ et la pression p_a; si la détente avait été isotherme, la température serait T_0 et la pression p_i. Entre les instants θ et $\theta + d\theta$, la masse gazeuse, de capacité calorifique A, reçoit une quantité de chaleur définie par (1). D'où la relation

$$(3) \qquad d(T-\tau) = \frac{dQ}{A} = \frac{K}{A}(T_0 - T)\,d\theta.$$

Par ailleurs, les inégalités

$$p_i v = MRT_0, \qquad \pi v = MRT, \qquad p_a v = MR\tau$$

permettent d'écrire à partir de (3)

$$(4) \qquad d(\pi - p_a) = \frac{K}{A}(p_i - \pi)\,d\theta.$$

D'autre part, les variations de pression, à partir de la pression initiale p_0, étant inférieures à $p_0/50$, on peut écrire

$$(5) \qquad p_0 - p_a = \gamma(p_0 - p_i).$$

Les relations (4) et (5) se traduisent ainsi sur la figure

$$(4') \qquad B'C' - BC = \frac{K}{A} \text{ aire } AA'B'B,$$

$$(5') \qquad DC = \gamma\, DA,$$

et permettent, connaissant la courbe $O\pi$, de construire les courbes Op_i et Op_a de la façon suivante : Pour passer de A à A', on trace AA'_1 dans le prolongement de OA. On mesure l'aire $ABB'A'_1$. La relation (4') fournit alors $B'C' - BC$, d'où C', et la relation (5') donne D'A', d'où A' voisin de A'_1. On prolonge ensuite AA' en $A'A''_1$, et de proche en proche, on obtient les courbes Op_i et Op_a tout entières. En O, la tangente à Op_a est confondue avec celle à $O\pi$ de coefficient angulaire α, et le coefficient angulaire de la tangente à Op_i est α/γ, ce qui permet de tracer exactement le début des courbes.

Il résulte de ce qui précède que les résultats annoncés dans la Note préliminaire restent valables, tout au moins en ce qui concerne les vitesses à l'origine. Quant à la suite du phénomène, la courbe Op_i permet de l'étudier. Nous nous proposons d'appliquer cette méthode de dépouillement des courbes tant à nos anciennes expériences qu'à celles en cours.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Procédé de détection du chlorure de chlorovinylarsine (lewisite).* Note de M. **Christian Froger**, présentée par M. Marc Tiffeneau.

Le chlorure de chlorovinylarsine ou léwisite $CHCl=CH-AsCl^2$ possédant une liaison éthylénique, il semblait possible d'obtenir, par bromuration, une réaction caractéristique sur tube détecteur à gel de silice, en employant la fluorescéine comme indicateur.

C'est d'après ce principe que nous avons effectué des essais sur tube détecteur Draeger. Des vapeurs de léwisite ayant traversé ce détecteur, nous avons ajouté quelques gouttes d'eau de brome et ensuite quelques gouttes d'une solution de fluorescéine. De cette façon nous avons obtenu des anneaux incolores au-dessus d'une masse de gel de silice teintée en rouge par de l'éosine, provenant de la fluorescéine bromée par l'excès de brome n'ayant pas réagi sur la léwisite adsorbée. Malheureusement ce procédé ne donne de résultats nets qu'aux fortes concentrations.

Nous avons alors eu l'idée de mettre à profit les propriétés oxydantes du tétroxyde d'osmium, qui sont particulièrement actives vis-à-vis des corps non saturés.

Le réactif utilisé est une solution aqueuse à 1 % de tétroxyde d'osmium. Dans le détecteur Draeger, ayant adsorbé des vapeurs de léwisite, sont versées quelques gouttes de ce réactif, aussitôt un anneau noir se forme; cet anneau est dû à une précipitation, au sein du gel de silice, de OsO^2, oxyde résultant de la réduction de OsO^4 par la léwisite. La sensibilité de la solution de tétroxyde d'osmium est telle qu'avec un passage de 4 litres d'une atmosphère de léwisite à 25 mg par m^3, à travers le détecteur, on obtient un anneau noir très net. Cette sensibilité est donc supérieure à celle des procédés habituels.

Les vapeurs d'alcool, d'éther, d'acétone sont sans action même à forte dose. Le gaz sulfureux, jusqu'à 4 mg par m^3 est inactif. Aucun des toxiques connus n'est oxydé par le tétroxyde d'osmium dans les conditions indiquées, sauf, sans doute, l'acroléine, qui comme agressif n'a plus guère d'intérêt actuellement.

Bien que la réaction proposée ne soit pas spécifique, elle n'en est pas moins caractéristique des substances non saturées, fortement réductrices, ce qui est un indice pouvant être utile pour la recherche de nouveaux toxiques éventuels dans les atmosphères.

LITHOLOGIE. — *Sur le granite du Tefedest* (*Sahara central*). Note de M. **Maurice Lelubre**.

Les granites constituent une part importante des roches antécambriennes du Massif central saharien (Hoggar). Le Tefedest en est un des affleurements principaux; chaîne montagneuse allongée N.-S. sur 150^{km} au N. de l'Atakor, entre l'oued Igharghar et la piste Amguid-In Eker, c'est en même temps un trait géographique majeur du Pays cristallin (M. Lelubre, *Rev. Géogr. Phys. et Géol. Dyn.*, 12, 1939).

Véritable barrière, il se termine au N. en un promontoire imposant par la Garet el Djenoun (2327^{m}), tandis qu'il s'élargit vers le S. en une suite de hauts djebels divergents dépassant 2000^{m} d'altitude : djebels In Tounine, In Takoufi, Dehine (2369^{m}), Mertoutek et Tinehan d'une part, djebels Abezzou et In Teferkit d'autre part. Entre ces djebels s'étendent des régions plus déprimées où le granite est chargé d'enclaves. De même le large glacis qui s'étend à l'O. montre des granites à enclaves jusqu'à la grande bande N.-S. des roches écrasées d'In Eker; à l'E. également une bordure de granite à enclaves passe bientôt à une longue zone de roches écrasées qui suit l'oued Igharghar.

Les enclaves de ces granites sont tantôt schisteuses, amphiboliques, tantôt ce sont de véritables cornéennes orientées fréquemment O. NO.-E. SE.; les pegmatites qui les traversent ont un développement considérable, montrant une belle structure graphique, ou bien des éléments de grande taille, mais semblent dépourvues de minéraux rares; elles forment des filonnets plus ou moins anastomosés et aussi des amas diffus dans le granite.

Entre les oueds Dehine et Mertoutek, des bancs de cipolins, quartzites et amphibolites métamorphisés par le granite subsistent, orientés O. NO. E. SE., mais déviés vers le S. dans les parties externes du massif, vers la zone écrasée de l'Igharghar. C'est comme si le granite, reprenant une série cristallophyllienne plissée, l'avait protégée partiellement contre des écrasements postérieurs.

Le granite qui forme comme l'ossature de la chaîne présente des caractères constants dans tout le massif, où les lits des oueds, polis par l'érosion, laissent voir tous les détails de sa structure.

A Mertoutek, par exemple, c'est un granite porphyroïde orienté, riche

en biotite; il comporte des zones allongées pauvres en éléments colorés, tandis que ces derniers se rassemblent ailleurs en traînées; ces sortes de nuages clairs et foncés plus ou moins nets sont souvent plissotés, contournés. Des filonnets d'aplite les recoupent par place, se perdant ailleurs au milieu d'eux; des pegmatites riches en microline recoupent les autres éléments, dernières venues dans la genèse de la roche. Des étirements et des froissements dans les lits d'éléments colorés, antérieurs aux aplites et pegmatites, marquent des vicissitudes dans l'histoire du granite.

A Adjellil, à la Garet el Djenoun, Ens Iguelmamen, Ouhet, In Tounine, In Takoufi etc., c'est un granite semblable, parfois difficile à distinguer d'un gneiss, ailleurs plus régulier et où la tendance porphyroïde peut s'exagérer jusqu'à donner des feldspaths d'une dizaine de centimètres.

Au microscope, on voit qu'il s'agit d'un granite alcalin, très riche en microcline; le quartz renferme des inclusions liquides à libelle mobile; la biotite, verte et très polychroïque, peut s'accompagner d'amphibole (hudsonite) [1], avec magnétite abondante; des restes de cristaux d'un plagioclase pauvre en chaux sont comme rongés et englobés par le microcline.

Ces roches, orientées en gros N. NO.-S.-SE. à N.-S., présentent des écrasements locaux aboutissant à de véritables failles (In Takoufi). Enfin elles sont aussi traversées par des filons sensiblement N.-S. de microgranite et de lamprophyres.

Ces observations semblent montrer que la granitisation a affecté un pays de schistes cristallins déjà plissés (les cipolins etc., de Dehine pouvant sans doute se rattacher à ceux de l'Edjereh et du Tourha). Des poussées tectoniques se marquent dans les orientations du granite; l'écrasement postérieur intense de ce matériel déjà rigide pourrait être le stade final de la granitisation.

Relativement au granite, on peut remarquer l'importance presque exclusive des granites orientés, quasi migmatiques. Enfin le rôle considérable de la pneumatolyse est attesté par les aplites et les pegmatites intimement liées à l'histoire du granite.

---

(1) J. Bourcart et M.-E. Denaeyer, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 156.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Anomalies de la caryocinèse dues à l'action des dérivés iodés des carbures cycliques.* Note de M. **Marc Simonet** et Mlle **Félicie Armenzoni**, présentée par M. Louis Blaringhem.

L'un d'entre nous a déjà montré, en collaboration avec M. Guinochet (1), que l'introduction d'un halogène, chlore ou brome, dans la molécule des hydrocarbures peut produire des anomalies diverses de la caryocinèse. C'est ainsi qu'avec le benzène et le toluène, les dérivés halogénés précédemment étudiés inhibent la formation de la membrane pour donner des cellules polynucléées éventuellement polyploïdes par fusion nucléaire (type paradichlorobenzénique); alors qu'avec le naphtalène, qui possède un double noyau benzénique, les modifications sont plus profondes, et surtout caractérisées par le bloquage des mitoses en pseudo-métaphases, par l'inhibition du fuseau et la formation de très nombreux noyaux polyploïdes (type colchicinique).

Nous donnons ici, les résultats obtenus avec les deux seuls carbures cycliques iodés que nous avons pu nous procurer : le monoiodobenzène et l'α-iodonaphtalène. Nous avons fait agir les vapeurs de ces deux produits, à la température du laboratoire, sur de jeunes germinations de blé et de lin (2), en disposant une à cinq gouttes de monoiodobenzène et cinq à dix gouttes d'α-iodonaphtalène sur la face inférieure d'un couvercle de boîte de Pétri de 10cm de diamètre.

L'activité du monoiodobenzène sur la végétation du blé et lin et celle de l'α-iodonaphtalène sur le blé se traduisent par un retard marqué de la croissance, lequel peut être accompagné, dès le troisième jour, de modifications morphologiques. Le premier de ces produits provoque un fort épaississement des radicules de lin; l'effet est cependant plus faible, ou au contraire complètement toxique à la dose maximum employée, chez le blé. Avec l'α-iodonaphtalène, on obtient une très nette hypertrophie bulbeuse du coléoptile et des racines de blé, alors que les radicules de lin se développent aussi rapidement que celles des lots témoins et, comme elles, sont normalement filiformes ou légèrement épaissies.

---

(1) *C. R. Soc. Biol.*, **130**, 1939, p. 1057; **131**, 1939, p. 222; *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1427.

(2) *Linum usitatissimum* L. (variété à grosse graine) et *Triticum vulgare* L. (var. Gentile Rosso) de la Maison Vilmorin.

Après une exposition de plus longue durée, vers le cinquième jour, on constate avec les deux produits employés, une mortalité de toutes les germinations de blé ; par contre, chez le lin, l'iodobenzène a une action toxique souvent caractérisée par un fendillement transversal des radicules qui, dans tous les cas, finissent toujours par brunir et dépérir, tandis que l'α-iodonaphtalène n'a aucune influence nocive sur cette plante.

Le troisième jour, l'aspect cytologique est le suivant : avec l'iodobenzène, chez le blé, les noyaux sont déformés, le volume nucléaire est accru et l'on trouve surtout de nombreuses cellules polynucléées; ce produit comme les autres dérivés halogénés du benzène, inhibe donc la formation de la membrane. Chez le lin, on observe non seulement les mêmes modifications, mais encore la présence de noyaux binucléolés et l'existence de nombreux cloisonnements aberrants qui répartissent d'une manière irrégulière les noyaux formés. Si le contact est prolongé, vers le cinquième jour, le cylindre central s'entoure assez souvent et plus ou moins régulièrement d'une nécrose qui peut ensuite faire place à des cavités de plus ou moins grandes dimensions, à proximité desquelles se trouvent des cellules géantes très vacuolisées, contenant un nombre parfois très élevé de noyaux (cinq à vingt).

Avec l'α-iodonaphtalène, chez le blé, on observe de nombreuses mitoses bloquées en pseudo-métaphases (stathmocinèses); en outre, les noyaux, ainsi que les nucléoles, sont volumineux et fortement déformés, lobés, réniformes, voire même annulaires ou mésentériformes. Ces altérations sont d'ailleurs suivies de caryocinèses elles-mêmes difformes et échancrées, susceptibles d'aboutir à des fragmentations et à des déviations des plans de cloisonnements; enfin, on constate une polyploïdie intense. Par contre, chez le lin, l'action de ce produit est nulle, tout au plus pourrait-on noter la présence de noyaux et de nucléoles un peu plus volumineux et de quelques rares cellules binucléées.

En résumé, l'activité de ces deux hydrocarbures iodés sur le processus de la caryocinèse se manifeste d'une manière très différente : celle du monoiodobenzène peut être rapprochée de l'action des autres dérivés halogénés du benzène (type paradichlorobenzénique); alors que les modifications provoquées par l'α-iodonaphtalène sont semblables à celles de l'acénaphtène (type colchicinique), auxquelles nous avons précisément rattaché l'action des deux autres dérivés halogénés du naphtalène, déjà

étudiés par M. Simonet et M. Guinochet (1939), les α-chloro et α-bromonaphtalène, qui agissent sur le blé et sont sans effet sur le lin.

Nous pouvons enfin signaler que tous les carbures cycliques halogénés que nous avons étudiés jusqu'à ce jour provoquent des modifications caryologiques particulièrement intéressantes au point de vue génétique, que cette action se traduit le plus souvent par la formation de noyaux polyploïdes.

GÉNÉTIQUE. — *Premier hybride stabilisé en une variété nouvelle, issu du croisement* Nicotiana Tabacum var. purpurea × N. sylvestris. Note de M. **P. Gisquet**, Mlle **Aline Dusseau** et M. **H. Hitier**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Nicotiana Tabacum var. *purpurea* à fleurs rouges et *N. petunioïdes* var. *sylvestris* à fleurs blanches appartiennent à deux espèces différentes, notamment par le nombre de chromosomes qui est de $24_{\text{II}}(n)$ chez *N. Tabacum* et de $12_{\text{II}}(n)$ dans la seconde.

D'après Clausen et Goodspeed les 24 bivalents de *N. Tabacum*, qu'ils considèrent comme un hybride amphidiploïde de *N. sylvestris* et de *N. tomentosa*, résultent de l'addition des garnitures chromosomiques complètes des deux parents, chacun possédant $12_{\text{II}}(n)$. Le type de *N. Tabacum purpurea* employé dans le croisement *purpurea* × *sylvestris*, d'où résultent les hybrides étudiés ici, est un monosomique répondant à la formule $23_{\text{II}}+1$; l'autre parent étant un *sylvestris* normal 12_{II}.

En F_1, l'hybride *purpurea*×*sylvestris* montre la dominance des caractères de *purpurea* avec des traces de *sylvestris* sur divers organes; il manifeste le phénomène d'hétérosis par sa grande vigueur, sa floraison abondante et prolongée, mais la plupart des fleurs coulent; un petit nombre d'entre elles développent des capsules ridées qui en grande majorité tombent avant maturité, les rares survivantes contiennent quelques graines le plus généralement vides.

Les cellules mères des grains de pollen à la première métaphase montrent un nombre variable de bivalents et d'univalents; des chromosomes non appariés ou diversement groupés peuvent s'attarder non seulement hors de la plaque équatoriale mais souvent hors du fuseau; cependant on peut parfois reconnaître le nombre 18_{11}.

L'un de nous, M. Gisquet, a signalé [1] l'obtention de quelques bonnes graines par autofécondation de l'hybride, à partir desquelles il put obtenir F_2 et les générations successives jusqu'à F_{13}. Il est à signaler que les divers expérimentateurs qui ont croisé *N. tabacum purpurea* et *N. sylvestris* n'ont pu obtenir, notamment aux États-Unis, de descendance directe et ont dû recourir au back-cross pour pouvoir étudier une descendance dérivée de ce croisement.

La F_2 obtenue à Bergerac se disjoint tant au point de vue de la précocité, de la taille, des aptitudes culturales que de la forme et de la couleur des feuilles et des fleurs. Des anomalies sur les feuilles et les fleurs trahissent l'état de déséquilibre chromosomique même dans la plupart des plantes qui survivent; celles-ci autofécondées ont, en partie, donné une descendance et fourni un grand nombre de phénotypes. A chaque génération quelques-uns de ces phénotypes fournissent une population plus homogène et plus fertile d'où il peut être déduit que les chromosomes non appariés au cours de la méïose sont progressivement éliminés de façon à constituer peu à peu des génotypes équilibrés.

Les caractères phénotypiques apparemment constants de la lignée 51-44 la situent dans l'espèce *N. Tabacum*. Elle diffère de la variété mère *purpurea* notamment par sa couleur générale moins vert foncé, par sa taille plus basse, sa panicule plus lâche et par la couleur rose de la corolle. Le port des feuilles est dressé; celles-ci sont allongées, pointues, presque sessiles, comme celles de *N. sylvestris*. Le limbe est plan et les nervures secondaires font un angle de 65 à 70° avec la nervure principale. Les feuilles de *N. purpurea* ont un port étalé, sont larges, arrondies au sommet, brusquement rétrécies à la base en un pétiole court très marqué; leur limbe est fortement gaufré et les nervures secondaires sont insérées presque à angle droit sur la nervure médiane.

Nous avons étudié la sporogénèse de ce type 51-44 dans les générations F_{11}, F_{12}, F_{13}, sans y relever d'irrégularités. La formation des tétrades y est normale et la formule chromosomique est celle des tabacum $n = 24$. D'autres lignées analogues sont à l'étude.

On a obtenu à Bergerac, à partir d'hybrides interspécifiques presque totalement infertiles en F_1, au moins une variété nouvelle, stable et fertile de *Nicotania Tabacum* L.

---

(1) *Mémorial des Manufactures de l'État*, 5, 1924, p. 434.

PHYSIOLOGIE. — *Étude de l'influence des vitamines sur le fonctionnement du lobe antérieur de l'hypophyse.* Note (¹) de M. **Léon Képinov**, présentée par M. Paul Portier.

Nos expériences ont montré que la glycogénolyse déterminée par l'adrénaline introduite dans le foie ne se produit qu'en présence d'une hormone du lobe antérieur de l'hypophyse que nous avons appelée hormone *glycogénotrope* (²).

Au cours de nos recherches effectuées par la méthode de perfusion du foie de grenouille nous avons maintes fois constaté que, chez les grenouilles qui jeûnaient au laboratoire depuis 4 ou 5 mois, le phénomène de la glycogénolyse adrénalinique ou ne se produisait pas ou était insignifiant, malgré la présence du glycogène dans le foie de ces grenouilles.

En rapprochant ce fait de celui de l'inefficacité de l'adrénaline, qui s'observe en l'absence de l'hormone *glycogénotrope*, nous sommes arrivé à la conclusion que l'affaiblissement ou la disparition de la glycogénolyse post-adrénalinique dans le foie de grenouilles ayant jeûné pourrait aussi être dû soit à la diminution, soit à l'absence de cette hormone *glycogénotrope* dans l'organisme de ces animaux.

Comme les grenouilles en état de jeûne prolongé subissent, avec la privation des aliments proprement dits, toutes les conséquences du manque aussi des vitamines, nous nous sommes proposé de rechercher si les vitamines n'interviennent pas dans le fonctionnement de la glande hypophysaire.

Pour l'étude de ce problème nous avons opéré de la façon suivante : parmi les grenouilles à jeun depuis 4-5 mois au laboratoire, nous en avons choisi 24 comme témoins et 20 pour étudier l'effet des vitamines. Alors que 20 des témoins n'ont subi aucune intervention avant l'épreuve de l'adrénaline, 4 ont reçu à 4 reprises, 0,5$^{cm^3}$ d'huile d'olive neutre et stérile, alternativement par ingestion ou par injection sous-cutanée, à des intervalles de 3-4 jours. Les 20 grenouilles réservées au traitement par les vitamines ont été réparties en 4 lots dont chacun a été traité par une des

(¹) Séance du 31 juillet 1939.
(²) L. Képinov, *Arch. Internat. Physiol.*, 46, 1938, p. 265 et *C. R. Soc. Biol.*, 130, 1939, p. 1228.

vitamines suivantes [3] : A, B_1, C, E. Nous avons utilisé ces vitamines à raison d'une goutte ($1/50^{cm^3}$) dans $0,5^{cm^3}$ d'huile d'olive (pour les vitamines A et E) ou dans $0,5^{cm^3}$ d'eau salée (B et C). Cette quantité a été administrée à chaque grenouille suivant le mode appliqué aux grenouilles témoins ne recevant que de l'huile d'olive. Le foie de toutes les grenouilles (témoins et traitées) a été ensuite perfusé afin de comparer l'intensité de la réponse à la dose d'adrénaline habituellement employée dans nos expériences (1^{cm^3} d'une solution à $1/1\,000\,000^e$).

Les résultats de ces expériences ont montré que le foie des grenouilles témoins ne réagit pas par une glycogénolyse à l'adrénaline ou ne réagit que d'une manière insignifiante (1re et 2e colonnes du tableau).

Glycogérolyse provoquée par l'adrénaline dans le foie des Grenouilles.

Grenouilles à jeun depuis 4-5 mois						Grenouilles hypophysectomisées traitées par la vitamine A.
témoins		traitées par différentes vitamines				
non traitées.	+ huile d'olive.	Vit. A.	Vit. B_1.	Vit. C.	Vit. E.	
0	0,40	5,20	0	0	3,80	0
1,20	1,20	2,80	0	0	–	0
0,80	0	5,80	0	0	–	0,10
1,00	0	3,80	1,30	0	–	0
0	–	5,60	–	–	–	–
0	–	2,80	–	–	–	–
0,20	–	5,00	–	–	–	–

Les chiffres expriment, en milligrammes, la quantité de glucose dans 100^{cm^3} de perfusat.

L'épreuve à l'adrénaline, effectuée au cours des perfusions du foie des grenouilles ayant reçu des vitamines, a donné, ainsi que l'indique le tableau, les résultats suivants : dans le foie des grenouilles traitées par les vitamines hydrosolubles B_1 et C, l'adrénaline, tout comme dans le foie des grenouilles témoins, ne détermine pas d'effet glycogénolytique. Par contre, le foie des grenouilles ayant reçu la vitamine A réagit à l'adrénaline par une glycogénolyse notable, dont le taux est du même ordre de grandeur que celui que nous observons habituellement chez les grenouilles normales. Le même effet a été provoqué par l'adrénaline dans le foie de la seule grenouille qui a survécu au traitement par la vitamine E.

Les expériences ultérieures ont montré que la propriété de la vitamine A de rendre le foie des grenouilles à jeun apte à répondre à l'adrénaline par une glycogénolyse ne peut être mise en évidence que chez les grenouilles à

[3] Vitamines Byla; 1^{cm^3} de vitamine A = 20000 u. i.; 1^{cm^3} de B_1 = 1000 u. i.; 1^{cm^3} de = 2000 u. i.; 1^{cm^3} de E correspond à 100^g de germe de blé.

hypophyse intacte. En effet, après avoir traité par la vitamine A quatre grenouilles dont nous avions extirpé le lobe antérieur de l'hypophyse depuis 3-4 semaines, nous avons constaté, au cours des expériences de perfusion du foie, que l'adrénaline ne déterminait pas de glycogénolyse dans le foie des grenouilles hypophysectomisées.

Conclusion. — La vitamine A (et vraisemblablement la vitamine E) rétablit l'action glycogénolytique de l'adrénaline dans le foie des grenouilles à jeun. Les vitamines hydrosolubles B_1 et C sont dépourvues de cette propriété.

Cet effet de la vitamine A ne se manifeste que dans le foie des grenouilles dont le lobe antérieur de l'hypophyse est intact; nous en déduisons que la vitamine A suscite l'élaboration de l'hormone « glycogénotrope » de l'hypophyse.

Le fait qu'une activité endocrine peut être influencée par des vitamines est remarquable, car il révèle un des mécanismes d'action de ces agents physiologiques.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Teneur en sodium du sang total et du sérum de quelques Mammifères.* Note de Mlle **Marie-Antoinette Pasquier**, présentée par M. Richard Fosse.

L'étude de la concentration du sang en sodium, entreprise chez l'Homme par C. Schmidt (1), B. Kramer et Tisdall (2), et plus récemment par Ch.-O. Guillaumin (3), a été effectuée sur les globules et le sérum de quelques animaux domestiques par C. Bunge (4) ainsi que par G. Abderhalden (5). Cependant l'analyse des composés minéraux chez les animaux sauvages n'a jamais fait l'objet d'un travail systématique.

La présente Note se rapporte à la teneur en sodium du sérum, du sang total, du plasma et des globules ainsi qu'à la valeur du rapport érythroplasmatique dont la connaissance est très importante pour résoudre un grand nombre de problèmes biologiques.

Le dosage a été effectué sous forme de sel de Streng par la méthode de E. Kahane (6). Le sang total a été recueilli directement dans de l'acide

(1) *Charakteristik der epidemischen Cholera*, Liepsic und Mitau, 1851, p. 29.
(2) *J. of Biol. Chem.*, 53, 1922, p. 241.
(3) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 19, 1937, p. 441.
(4) *Z. Biol.*, 12, 1876, p. 191.
(5) *Z. Physiol. Chem.*, 25, 1898, p. 65.
(6) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 33, 1923, p. 807.

Teneur en sodium du sang total, du plasma, des globules et du sérum (exprimé en gr. par litre).

	Nombre d'animaux.	Sérum.	Sang total.	Plasma.	Plasma par l. sang tot.	Globules.	Globules par l. sang tot.	Rapport globule/plasma.
		I. ONGULÉS.						
Bovidés, Bovinés.								
Vache	6	3,62	–	–	–	–	–	–
Génisse	4	3,42	–	–	–	–	–	–
Gayal (*Bos frontalis* Lamb.)	1	3,36	–	–	–	–	–	–
Caprinés.								
Mouton	6	3,84	3,03	3,84	2,56	1,64	0,59	0,42
Chèvre naine	10	3,84	3,05	4,34	2,60	2,01	0,68	0,46
Mouflon de Corse (*Ovis musimon* Pal.)	8	3,92	3,27	3,75	2,10	3,13	1,37	0,83
Mouflon à manchettes (*Ammotragus lervia* Pallas)	1	4,24	–	–	–	–	–	–
Gazelle de l'Inde (*Antilope cervicapra* Pallas)	4	3,91	3,51	3,89	2,92	2,31	0,56	0,59
Camélidés.								
Lama (*Lama glama* L.)	4	3,99	3,10	4,35	2,30	1,34	0,62	0,30
Alpaca (*Lama alpaca* L.)	3	3,93	–	–	–	–	–	–
Guanaco (*Lama glama huanacus* Molina)	4	4,02	2,98	4,04	2,37	1,43	0,58	0,35
Dromadaire (*Camelus dromedarius* L.)	4	4,24	–	4,44	2,62	–	–	–
Cervidés.								
Cerf de France (*Cervus elaphus* L.)	4	3,79	2,97	3,80	3,07	1,11	0,41	0,29
Cerf de France castré	1	3,38	2,95	3,71	2,57	1,08	0,32	0,29
Cerf Rusa (*Cervus unicolor* Kerr.)	3	3,64	–	–	–	–	–	–
Cerf cochon (*Cervus porcinus* Zimm.)	2	–	2,61	4,12	2,07	1,23	0,61	0,29
Cerf pseudaxis (*Cervus pseudaxis* Gray)	2	3,99	2,82	3,89	1,88	1,89	0,97	0,48
Renne (*Rangifer tarandus* L.)	2	3,75	–	–	–	–	–	–
Daim (*Dama dama* L.)	5	3,62	–	–	–	–	–	–
Éléphantidés.								
Éléphant (*Elaphus maximus* L.)	1	3,66	4,05	3,93	–	3,88	–	0,98
Suidés.								
Sanglier (*Sus cristatus* Wag.)	5	3,71	3,01	3,57	1,82	1,26	0,61	0,35
Équidés.								
Cheval	7	3,51	–	–	–	–	–	–
		II. CARNIVORES.						
Canidés.								
Chien	4	3,51	–	–	–	–	–	–
Loup (*Canis lupus*) L.)	5	3,81	3,58	3,83	2,14	2,98	1,31	0,77
Félidés.								
Lion (*Felis leo* L.)	4	3,90	3,87	4,01	–	3,28	–	0,81
		III. PRIMATES.						
Lasiopygidés.								
Papion (*Papio papio* Desm.)	4	3,75	–	–	–	–	–	–
Cercopithèques (*Cercopithecus callitrichus* I. Geoff.)	3	3,67	–	–	–	–	–	–

trichloracétique à 20 %. Le plasma et les globules provenaient du sang total prélevé en tenant compte des observations de Guillaumin ([3]).

Les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessus où la teneur en sodium est exprimée en gramme par litre.

La lecture de ce tableau permet de formuler les conclusions suivantes :

1° Dans le sérum des Mammifères envisagés la teneur en sodium paraît très constante et varie entre $3^g,36$ et $4^g,24$.

2° La teneur du plasma est sensiblement la même et peu variable. Les chiffres de nos déterminations exprimés par litre de sang total, se rapprochent de ceux donnés pour l'homme.

3° Dans le sang total la valeur du sodium présente de plus grandes différences ($2^g,61$ à $4^g,05$).

4° La teneur du sodium dans les globules varie de $0^g,32$ à $1^g,37$ par litre de sang.

5° Le rapport érythro-plasmatique dû au sodium n'est pas constant, sa valeur étant de 0,29 à 0,98.

PARASITOLOGIE. — *Une dysenterie amibienne expérimentale, fatale pour les Vipères, pourrait probablement être utilisée pour la destruction de ces Reptiles.* Note ([1]) de M. **Émile Brumpt**, présentée par M. Gustave Roussy.

En utilisant des cultures d'une amibe spontanément pathogène pour certains Reptiles, nous avons réussi à provoquer chez la Vipère une infection caractérisée par une dysenterie avec lésions du gros intestin, déterminant une occlusion intestinale mortelle.

Cette amide, étudiée et décrite en 1934 par Rodhain sous le nom d'*Entamœba invadens*, a été signalée aux États-Unis par Ratcliffe et Geiman, en 1933 et 1934, chez trois espèces de Lacertiens et sept espèces de Serpents, dont un venimeux, *l'Ancistrodon mokasen*, du Jardin zoologique de Philadelphie. La même découverte fut faite au Jardin zoologique d'Anvers, en 1934, par J. Rodhain qui a observé l'infection de quatre espèces de Serpents et d'un *Varanus bengalensis*.

Cette amibe provoque, dans la nature et expérimentalement, des lésions caractéristiques et généralisées, car elle détermine une véritable septicémie. Ces parasites se rencontrent en effet, soit à l'examen direct, soit par culture, dans le sang, les reins, le cerveau, la cavité péritonéale, le foie et produisent fréquemment des abcès dans ce dernier organe.

([1]) Séance du 17 juillet 1939.

Les lésions du tube digestif, qui peuvent s'observer dans toute son étendue, de la langue à l'anus, sont surtout typiques dans la dernière portion du gros intestin, sur une longueur de plusieurs centimètres avant le cloaque qui semble toujours indemne macroscopiquement. L'intestin altéré est épaissi, son diamètre chez les Vipères et les Couleuvres est souvent triplé ou quadruplé, et, sur la coupe, la lumière est obstruée par des membranes blanchâtres diphtéroïdes. L'intestin est toujours adhérent aux reins, fréquemment nécrosés, et parfois même à la paroi du corps.

Ratcliffe et Geiman aux États-Unis, Rodhain en Belgique, ont obtenu facilement des cultures de l'amibe pathogène des reptiles et ont transmis l'infection presque toujours fatale, sauf chez certaines tortues, à plusieurs espèces de Reptiles non venimeux.

Grâce à l'obligeance de M. Rodhain, qui a démontré, avec M[lle] Van Hoof (1935), la grande contagiosité de cette amibe, nous avons pu obtenir, avec les cultures qu'il nous avait confiées, l'infection de divers Reptiles, et, en particulier, de la *Vipera aspis* du Domaine Universitaire de Richelieu.

Sept Vipères adultes (940, 941, 943 à 947/XXVI), préalablement privées de leurs crochets venimeux, furent infectées par la voie buccale, le 16 mai 1939, et placées dans une étuve à 25°C. Une Vipère (940) succomba le 25[e] jour, deux autres (941 et 943) furent trouvées mortes le 27[e] jour avec des lésions typiques du gros intestin. La Vipère 944 fut sacrifiée agonisante le 28[e] jour, afin d'étudier sur des coupes la flore microbienne associée à la dysenterie des Reptiles. Les trois autres Vipères présentaient dans leur cloaque des glaires sanglantes et des amibes; deux d'entre elles (946 et 947), dont la tumeur rectale n'était pas formée, furent mises au frigidaire le 14 juin (soit le 29[e] jour), et la troisième, dont la tumeur rectale était formée et palpable, fut placée dans le frigidaire le 22 juin, soit le 37[e] jour de sa maladie. Sous l'influence du froid, les amibes disparurent du contenu cloacal, après sept jours de séjour à 6°C. Les animaux furent alors remis dans une étuve à 25°C.

Ces trois Vipères présentèrent de nouveau des glaires sanglantes et des amibes dans leurs selles dès le 6[e] jour, date du premier examen. L'exemplaire 945/XXVI, dont la tumeur rectale semblait avoir légèrement régressé sous l'influence du froid, mourut le 6 juillet, soit le 51[e] jour après l'infection. Les deux autres (946 et 947) ne présentaient pas de tumeur rectale le 53[e] jour, mais leurs selles glaireuses et sanglantes renfermaient des amibes.

Ces expériences établissent donc que les amibes végétatives périssent

sous l'influence du froid *in vivo* comme elles périssent *in vitro* dans les cultures. Par contre, les kystes qui se forment dans le tube digestif et dans l'épaisseur des organes des vipères donnent naissance à des amibes végétatives dès que la température devient favorable.

Les infections spontanées des Reptiles ont été découvertes par Ratcliffe et Geiman, ainsi que par Rodhain, chez des Serpents des pays chauds et nos expériences ne nous permettent pas d'affirmer que l'amibe pathogène pour les vipères peut supporter, même à l'état kystique, la longue période d'hibernation de ces reptiles. Cependant, au cours de la belle saison, il est probable que des vipères infectées expérimentalement pourraient contaminer des animaux neufs vivant dans leur voisinage. Nous pensons même que la contamination pourrait s'effectuer par le coït, car les deux pénis des vipères sont souillés par les glaires sanglantes au moment de leur évagination. Il est vrai que l'infection amibienne pourrait produire chez les mâles une certaine frigidité qui restreindrait leur rôle infectieux, mais il ne s'agit ici que d'une hypothèse.

Quoi qu'il en soit, il est certain, d'après les expériences de Rodhain et de Mlle van Hoof (1935), que la contagion peut s'effectuer en captivité. Cette contamination explique les épizooties observées par Rodhain au jardin zoologique d'Anvers, où des Reptiles de diverses provenances vivaient en commun dans de grands terrariums. Dans ces conditions, il a suffi de l'introduction au milieu de cette faune de Reptiles d'un animal infecté, malade ou porteur sain d'amibes, pour contaminer les autres.

Si le procédé de destruction des Vipères, que nous allons tenter de mettre au point à la Station universitaire de Parasitologie expérimentale de Richelieu, réussit, la généralisation de cette méthode, qui ne présente aucun danger pour les Mammifères, car les Chats, si sensibles à l'amibe dysentérique de l'Homme, sont réfractaires, d'après nos expériences, à celles des reptiles, pourra rendre de grands services pour la destruction des Serpents venimeux de notre pays et surtout des espèces tropicales. Au cours du voyage que nous allons entreprendre en Colombie et au Venezuela, nous espérons pouvoir expérimenter l'action pathogène des cultures d'*Entamœba invadens* sur divers Crotalidés qui abondent en certaines régions de l'Amérique latine.

La séance est levée à $15^{h}20^{m}$.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 16 AOUT 1939.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE BÉHAL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Les tubercules de* Crepis bulbosa *Cass.*; *leur obtention à partir de la graine en milieu minéral aseptique.* Note de M. **Marin Molliard.**

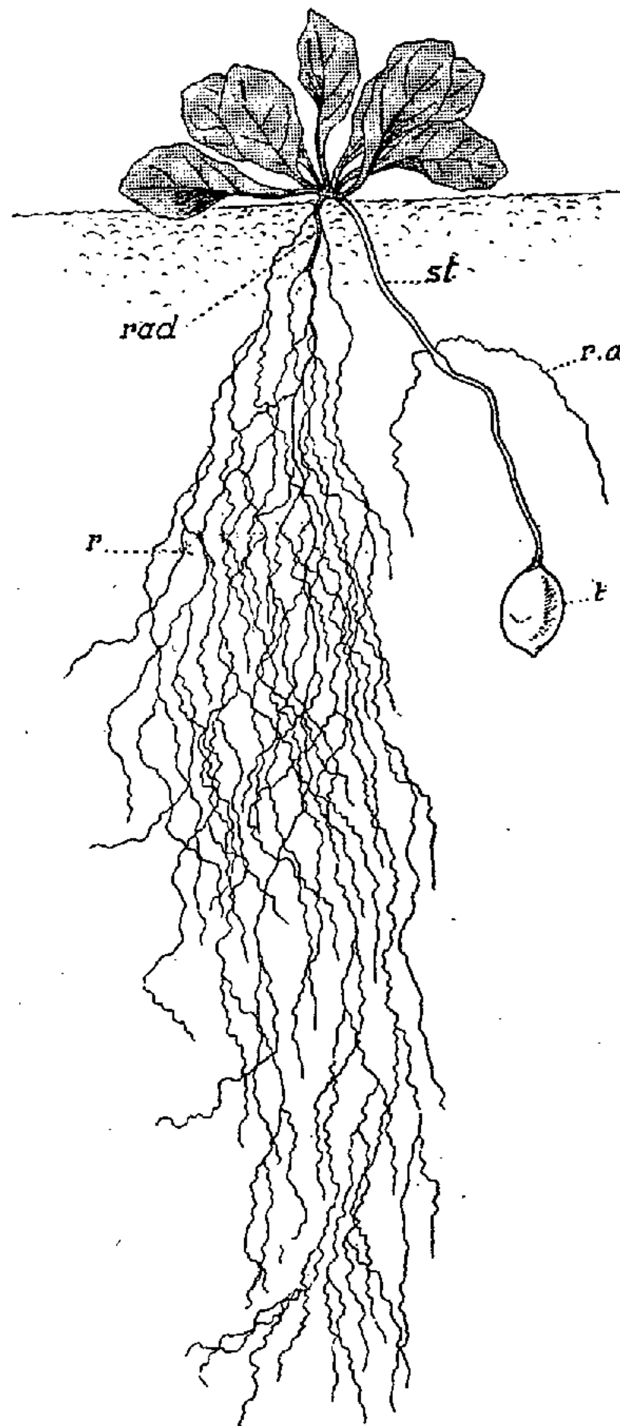
J'ai rapporté (¹) les résultats obtenus pour la pomme de terre relativement au phénomène de la tubérisation et j'ai montré que la plante en question est capable de produire des tubercules dans des conditions de complète asepsie; mais le fait ne se produisait qu'en présence d'une certaine dose de sucre et l'on pouvait objecter que, dans de telles expériences, on n'avait fait que substituer aux hypothétiques microorganismes tubérisants un milieu de concentration osmotique artificiellement accrue. Pour répondre à cette objection, j'ai entrepris de nouvelles cultures de pomme de terre dans des conditions se rapprochant davantage de celles qui sont réalisées dans la nature, les sols utilisés ne contenant ni gélose ni substance sucrée; je compte revenir sur la manière dont se seront comportées ces nouvelles expériences, mais entre temps une autre plante, également pourvue de tubercules, s'est trouvée répondre à la question que je posais à la pomme de terre.

Il s'agit du *Crepis bulbosa* Cass., petite Chicoracée présentant plusieurs particularités intéressantes que je relaterai avec quelque détail dans un prochain Mémoire et auxquelles je me contenterai de faire ici une simple allusion. On ne rencontre guère cette plante en France qu'en certains points du littoral méditerranéen, dans des sables restant à l'abri de l'action

(¹) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1257.

directe des vagues, mais soumis aux embruns. J'ai eu l'occasion d'en suivre le développement dans la région de Sainte-Maxime-sur-Mer et de Saint-Aygulf (Var).

D'une manière essentielle, la plante est constituée par une tige verticale implantée dans le sable et donnant naissance, à la surface du sol, à une



Crepis bulbosa Cass.
Germination de la graine en milieu aseptique (Gr. nat.).

série de feuilles disposées en rosette; à l'aisselle de ces dernières se produisent des stolons de deux sortes : les uns sont rampants et portent des feuilles, les autres s'enfoncent dans le sable, ne présentent que des écailles et se terminent brusquement par un tubercule d'un blanc très pur; tige et stolons donnent naissance, au niveau des nœuds, à des racines adventives filiformes.

Les tubercules atteignent en moyenne la grosseur d'une noisette; s'ils sont caulinaires comme ceux de la pomme de terre, ils se distinguent de ces derniers par la nature de leur réserve qui est constituée par de l'inuline et non par de l'amidon; extraite par des précipitations successives par l'alcool et des reprises par l'eau, l'inuline du *Crepis bulbosa* présente un pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = 32°,4$ très voisin de celui de la réserve de l'aunée. Les tubercules sont assez nombreux pour une même plante et l'on peut se poser la question de leur utilisation alimentaire.

De la rosette de feuilles se détachent d'autre part une ou plusieurs tiges se terminant par une inflorescence; les fleurs s'ouvrent vers le mois de mai et donnent naissance à des akènes dont la dissémination s'effectue au début de juin. C'est à partir de ces akènes que j'ai cherché à obtenir une germination s'effectuant dans des conditions aseptiques; stérilisés par l'eau oxygénée à 12 volumes, les akènes ont été ensemencés directement à l'intérieur de tubes d'une contenance d'environ 350^{cm^3} sur un milieu constitué par du sable fin de la plage de Sainte-Maxime; d'abord soumis à l'action d'une température d'environ 170° dans le four Pasteur, ce sable a été additionné, avant une nouvelle stérilisation à l'autoclave à 120° pendant une heure, d'un liquide qui n'était autre que la solution minérale de Knop étendue de son volume d'eau et à laquelle on ajoutait une petite quantité de chlorure de sodium, de manière à réaliser une teneur de $0^g,05$ pour 100^{cm^3}; chaque tube de culture contenait 135^{cm^3} de sable et 40^g de liquide.

Des akènes récoltés en juin 1938 ont été ensemencés au début de mars 1939; ils ont germé très régulièrement et ont donné à la surface du milieu des feuilles bien vertes constituant une petite rosette, et ce n'est qu'à la fin de juillet que j'ai extrait les plantes obtenues en les dégageant par un courant d'eau qui entraîne le sable. Les germinations étaient très comparables et je reproduis l'une d'entre elles par le dessin ci-contre. On voit qu'il s'est développé dans le sable une radicule (*rad*) qui a donné naissance à de très nombreuses radicelles (*r*) filiformes, flexueuses du fait de la nature granuleuse du milieu; d'autre part, à l'aisselle de l'une des sept feuilles prend naissance un stolon (*st.*) d'environ $3^{cm},5$ de long, d'épaisseur uniforme, d'un blanc pur, et se terminant par un tubercule (*t.*) de la même teinte. Au niveau des nœuds de ce stolon on aperçoit des racines adventives (*r. a*) ayant exactement les mêmes caractères que les radicelles.

Le tubercule atteint une taille (7^{mm} de long sur 5^{mm} de diamètre maximum)

qui n'est pas inférieure à celle des tubercules se formant, pour le même état de développement de la plantule, dans les conditions naturelles.

D'autres germinations présentent, en outre des tiges tubérifères, des stolons qui se développent à l'intérieur du sable, ne présentent que des bractées dans la partie obscure du sable où ils croissent, mais qui arrivent à produire des feuilles vertes dans les régions voisines de la paroi de verre, sous l'influence de la lumière qui leur arrive. Je n'ai pu observer aucune trace de filaments mycéliens dans les différents organes des plantes ainsi obtenues; il y a lieu de remarquer qu'il en est de même pour les plantes vivant dans les conditions naturelles; il s'agit d'une espèce végétale normalement dépourvue de mycorhize. Nous avons donc réalisé la germination des graines de *Crepis bulbosa* en milieu parfaitement aseptique et avons en particulier obtenu la formation de tubercules normaux, le milieu minéral utilisé étant d'ailleurs d'un assez faible pouvoir osmotique; j'estime donc qu'il faut faire appel, pour expliquer la formation des tubercules dans la plante considérée, à une autre cause qu'à l'intervention d'un microorganisme.

PHARMACOLOGIE. — *Répartition du bromure de propyle dans le système nerveux central et dans le sang du cobaye aux divers stades de l'anesthésie produite par ce bromure*. Note de MM. **Marc Tiffeneau** et **Raymond Cahen**.

L'étude de la répartition des anesthésiques généraux dans le système nerveux central et périphérique au cours des diverses phases de l'anesthésie a fait l'objet d'importants travaux. Il en résulte que la teneur des centres nerveux en anesthésique est fonction de la profondeur de l'anesthésie, celle-ci étant elle-même sous la dépendance de la quantité d'anesthésique contenue dans l'air inhalé, ainsi que du rythme et de la durée de l'inhalation.

L'étude de cette répartition dans les diverses régions du cerveau n'a jamais été entreprise. Toutefois Nicloux [1] a examiné, au cours des principales phases de l'anesthésie, la répartition de certains anesthésiques

---

[1] M. Nicloux, *Les anesthésiques généraux*, Paris, Doin, 1908; Nicloux et L. Camus, *Journ. Phys. Path. gén.*, 10, 1908, p. 76; Nicloux et A. Yovanovitch, *Ann. Physiol. Physicochim. biol.*, 1, 1925, p. 444; *C. R. Soc. Biol.*, 93, 1925, p. 1653.

dans quelques nerfs, dans le bulbe et dans les hémisphères en s'efforçant pour ceux-ci d'établir les rapports des teneurs en anesthésique des substances blanche et grise; il a pu constater que cette dernière est plus riche au début, ce qui tient sans doute à sa meilleure irrigation alors que la substance blanche ne le devient qu'après un certain temps d'inhalation, ce qui semble dépendre de sa teneur plus grande en constituants lipidiques, fixateurs d'anesthésiques.

Nous nous sommes proposé d'étudier la répartition du bromure de propyle dans diverses régions du système nerveux central susceptibles d'être prélevées facilement chez le cobaye (bulbe, cervelet, couches optiques, hémisphères cérébraux, tubercules quadrijumeaux, ainsi que moelle), mais sans nous préoccuper pour le moment, du rôle éventuel de chacune de ces régions dans l'anesthésie. On pouvait prévoir que cette répartition serait assez inégale, car dans des études préliminaires l'un de nous (2) avait déjà constaté que, chez la souris anesthésiée avec les bromures d'éthyle ou de propyle, la partie antérieure du cerveau se montre moins riche en anesthésique que la partie postérieure.

Nos essais comportent la détermination des teneurs moyennes en bromure de propyle des diverses régions prélevées; ils ont été réalisés sur trois groupes de dix cobayes anesthésiés séparément, mais dans les mêmes conditions, par inhalation trachéale d'air contenant 5 % de bromure de propyle. Les animaux du premier groupe sont amenés à un état d'anesthésie confirmée, caractérisé par la disparition du réflexe oculopalpébral. On a noté chaque fois le temps nécessaire pour atteindre cet état et l'on en a établi la moyenne qui est d'environ cinq minutes. Les animaux du second groupe n'ont été soumis à l'inhalation de l'anesthésique que pendant une minute, c'est-à-dire sans anesthésie et avec conservation des divers réflexes. Enfin, sur les animaux du troisième groupe, l'anesthésie a été prolongée jusqu'à l'arrêt cardiaque qui, en moyenne, se produit en quinze minutes environ (anesthésie toxique).

La technique du microdosage que nous avons mise au point a déjà été exposée en détail (3), elle permet de doser 0,5 γ dans quelques centigrammes de tissu.

Les résultats que nous avons obtenus avec le sang et les diverses régions

---

(2) M. Tiffeneau, *Anesthésie et Analgésie,* **1**, 1935, p. 229; Tiffeneau et Broun, *Comptes rendus,* **201**, 1935, p. 353.

(3) *Bruxelles médical,* 1938, p. 1259.

de l'encéphale prélevées par nous sont exposés dans le tableau suivant.

Teneur en bromure de propyle exprimée en γ par gramme de tissu.

Stades de l'anesthésie.	Anesthésie non installée.	confirmée.	toxique.
Temps d'inhalation (en minutes)	1	5,26	15,50
Sang mixte	46	47	50
Hémisphères	72	112	270
Cervelet	85	130	245
Couches optiques	130	120	270
Pont	170	245	420
Bulbe	150	—	290
Moelle épinière	124	160	310

L'examen de ces chiffres permet de tirer des conclusions en ce qui concerne non seulement l'inégale répartition de l'anesthésique dans les diverses régions de l'encéphale et dans la moelle, mais aussi la constance de la teneur du sang en bromure de propyle.

Teneur du sang en anesthésique. — Dans les conditions précisées ci-dessus, la teneur moyenne du sang en bromure anesthésique est d'environ 48 γ par gramme. Cette teneur n'a pas, par elle-même, une signification importante puisqu'elle dépend de la richesse de l'air inhalé en anesthésique et du rythme de la ventilation. Il est particulièrement intéressant de signaler que cette teneur reste sensiblement constante [1] quel que soit le stade de l'anesthésie. On peut donc conclure que, pour une concentration fixe de l'air inhalé et pour une ventilation dont le rythme reste invariable, la teneur du sang en anesthésique s'équilibre dès la première minute avec l'air inhalé et se maintient constante pendant toute la durée de l'anesthésie.

Teneur en anesthésique des diverses régions de l'encéphale. — Certaines régions telles que le bulbe, et surtout le pont sont invariablement plus riches en anesthésique non seulement dès la première minute de l'inhalation alors que les réflexes n'ont pas encore disparu, mais encore aux deux stades principaux que nous avons examinés, anesthésie confirmée et

(1) La présence d'un peu de sang jugulaire dans le prélèvement n'entache en rien cette conclusion; on peut au contraire expliquer ainsi la légère augmentation de teneur après 5 et 15 minutes puisque le sang veineux est nécessairement plus riche en anesthésique après un certain temps. Les résultats ci-dessus sont d'ailleurs confirmés par quelques dosages de contrôle effectués aux divers stades de l'anesthésie par ponction cardiaque.

anesthésie mortelle. Les régions les moins riches en anesthésique aux divers stades de l'anesthésie sont le cervelet et les hémisphères.

Ainsi les teneurs des diverses régions examinées sont nettement inégales. Elles croissent toutes en fonction de la durée de l'inhalation et de la profondeur de l'anesthésie, ce qui avait déjà été observé par Nicloux pour le bulbe et pour l'encéphale. Cependant cet accroissement n'est pas régulièrement proportionnel au temps; pendant la première minute, alors que l'anesthésie n'est pas encore établie, la quantité fixée varie, suivant la région considérée, entre 72 et 170 γ; dans les minutes suivantes, elle varie seulement entre 8 et 17 γ par minute, c'est-à-dire qu'elle est environ 10 fois plus faible. On peut donc supposer qu'il se produit d'abord une fixation rapide mais banale, puis une fixation relativement lente mais efficace au point de vue de la production de l'anesthésie.

Nous nous sommes demandé si cette fixation inégale devait être attribuée à une différence de vascularisation ou de teneur en substances fixant les anesthésiques, en lipides par exemple. Déjà le fait que cette répartition inégale se maintient dans chacun des stades de l'anesthésie au cours des 15 premières minutes d'inhalation, montre que le rôle de l'irrigation sanguine n'est pas prépondérant. Toutefois il y avait lieu de chercher à décider entre ces deux hypothèses et nous avons entrepris l'étude de la fixation du bromure de propyle, non plus *in vivo*, mais *in vitro* en exposant les diverses régions du système nerveux central prélevées chez des cobayes normaux à une atmosphère analogue à celle inhalée par les animaux anesthésiés, c'est-à-dire contenant 5 ‰ de bromure. Dans nos essais préliminaires nous nous sommes limités à un contact de cinq minutes, ce qui correspond sensiblement à la durée d'inhalation nécessaire pour obtenir *in vivo* l'anesthésie confirmée. Nous avons obtenu les chiffres suivants, que nous reproduisons comparativement à ceux obtenus *in vivo* pour la même durée et en les ordonnant par ordre de richesse décroissante en anesthésique (la teneur est exprimée en γ par g. de tissu).

	Pont.	Moelle.	Cervelet.	Hémisphères.
In vitro.......	257	192	180	50
In vivo.......	245	160	130	112

On voit que dans les deux groupes d'essais les diverses régions examinées se classent dans le même ordre. D'autre part, sauf pour les hémisphères qui fixent beaucoup plus dans les essais *in vivo*, les diverses régions fixent en cinq minutes des quantités d'anesthésiques qui *in vitro* comme *in vivo* sont

du même ordre de grandeur. On peut donc conclure que dans la répartition inégale constatée par nous, c'est moins la vascularisation qui intervient que la composition en lipides fixateurs d'anesthésiques. Cette conclusion mérite toutefois d'être vérifiée par la détermination de la teneur en lipides des régions examinées et aussi par l'étude du pouvoir fixateur de ces lipides pour le bromure de propyle.

Conclusions. — 1° Au cours de l'anesthésie du cobaye par le bromure de propyle, la répartition de l'anesthésique dans les diverses régions du système nerveux central n'est pas uniforme; la quantité fixée est sensiblement deux fois moindre dans les hémisphères que dans le pont. Cette répartition inégale se maintient aux divers stades de l'anesthésie bien que la teneur en anesthésique de chacune de ces régions augmente progressivement, à mesure que se prolonge l'inhalation, tandis que le sang contient une proportion de bromure à peu près identique.

2° Il y a, de même, répartition inégale du bromure de propyle dans les diverses régions du système nerveux central lorsque celles-ci, prélevées sur des animaux normaux, sont placées dans une atmosphère contenant l'anesthésique.

3° La répartition du bromure de propyle dans le système nerveux central semble dépendre moins du mode de pénétration dans les tissus que de la teneur de ces derniers en substances fixatrices.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Academia das Sciências de Lisboa. *Para a história da Academia das Sciências de Lisboa*, por Christovam Ayres;

A Infância da Academia (1788-1794). *Visita aos Arquivos do Reino : Correspondência a tal respeito de* João Pedro Ribeiro, Santa Rosa de Viterbo, etc. publicada e largamente prefaciada por António Baião.

2° Lê-Huy-Phach. *Traité détaillé des quatre fléaux* (en langue annamite).

3° Observatoire Jarry-Desloges, Sétif. *Observations des surfaces planétaires. Mars-Saturne-la Lune-Mercure-Vénus-Jupiter.* Fascicule VIII. — Années 1921 et 1922 (présenté par M. E. Esclangon).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur certaines séries de Taylor admettant leur cercle de convergence comme coupure essentielle.* Note [1] de M. **Arnaud Denjoy.**

Je me propose de donner ci-après l'exemple d'une série de Mac Laurin

$$c_0 + c_1 z + \ldots + c_n z^n + \ldots$$

convergente à l'intérieur du cercle C d'équation $|z| = 1$, *la somme de cette série dans* C étant une fonction $f(z)$ *prolongeable uniformément* dans tout le plan complexe, *sans avoir d'autres singularités que les points d'un ensemble parfait de longueur nulle situé sur* C, tandis que *toutes les séries, à coefficients réels non négatifs,*

$$\sum |c_n|^2 z^n, \quad \sum_n |c_{\nu_n}|^2 z^n$$

admettent le cercle C *comme coupure, la suite des indices* ν_n *étant une progression arithmétique quelconque.*

La formation d'un tel exemple est très simple si l'on utilise certains théorèmes relatifs aux ensembles parfaits que j'ai énoncés et démontrés en 1920 (*C. R. Cong. Intern. des Mathématiciens*, Strasbourg, 1920; *Atti. della R. Acca. dei Lincei*, 1920).

P étant un ensemble parfait linéaire, appelons *segment isolant* de P tout segment limité à deux intervalles contigus (finis ou infinis) de P. Nous disons que P présente le *caractère* (A) si *tout segment isolant* de P *est au moins aussi long que le plus petit des deux intervalles contigus* qui le bordent. L'ensemble parfait classique de Cantor offre le caractère (A). Ceci montre qu'un ensemble de cette nature peut être de mesure linéaire nulle.

Soient P d'extrémités a, $b(a < b)$ et Q d'extrémités c, $d(c < d)$ deux ensembles parfaits présentant le caractère (A), le plus grand intervalle contigu de chacun d'eux étant au plus égal au diamètre $b - a$ ou $d - c$ de l'autre. J'ai montré que *si x décrit* P *et si y décrit* Q *l'ensemble des différences $y - x$ forme le segment continu $c - b$, $d - a$.*

---

[1] Séance du 7 août 1939.

En particulier, si l'on choisit pour Q successivement P lui-même et le symétrique de P par rapport au milieu de ab, on voit que l'ensemble $y-x$ où x et y décrivent indépendamment l'ensemble P forme le segment $a-b$, $b-a$, et que l'ensemble des milieux des segments x, y est identique au segment ab, dès que P vérifie la condition (A).

Soit $\Sigma c_n z^n$ la série de Mac Laurin d'une fonction $f(z)$ uniforme dans tout le plan et n'admettant d'autres singularités que des points de C dont les arguments θ forment un ensemble parfait p, d'extrémités o, π et présentant le caractère (A).

En vertu d'un théorème bien connu de M. Hadamard, l'ensemble des singularités de la série $\Sigma c_n \bar{c}_n z^n$ ($\bar{t}$ est conjugué de t) sera dans l'ensemble des nombres $e^{i(\theta'-\theta)}$, θ et θ' décrivant p. Mais cet ensemble coïncide avec C, puisque $\theta'-\theta$ décrit tout le segment $-\pi$, $+\pi$. Cependant, le théorème de M. Hadamard n'excluant pas l'hypothèse que le produit de deux singularités respectives des séries $\Sigma c_n z^n$ et $\Sigma \bar{c}_n z^n$ ne donne pas une singularité pour $\Sigma c_n \bar{c}_n z^n$, il est indispensable de vérifier que cette dernière circonstance peut effectivement être évitée dans le cas qui nous occupe. Il suffit pour cela de choisir une suite $\theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_m, \ldots$ partout dense sur p et telle qu'entre un nombre quelconque de θ_m et π il n'existe aucune relation linéaire et homogène à coefficients entiers non tous nuls. Dès lors, si les A_m sont tous non nuls et si $\Sigma |A_m|$ est fini, la fonction

$$f(z)=\sum \frac{A_m}{a_m-z}=c_0+c_1 z+\ldots+c_n z^n+\ldots \qquad (a_m=e^{i\theta_m})$$

jouit de toutes les propriétés énoncées.

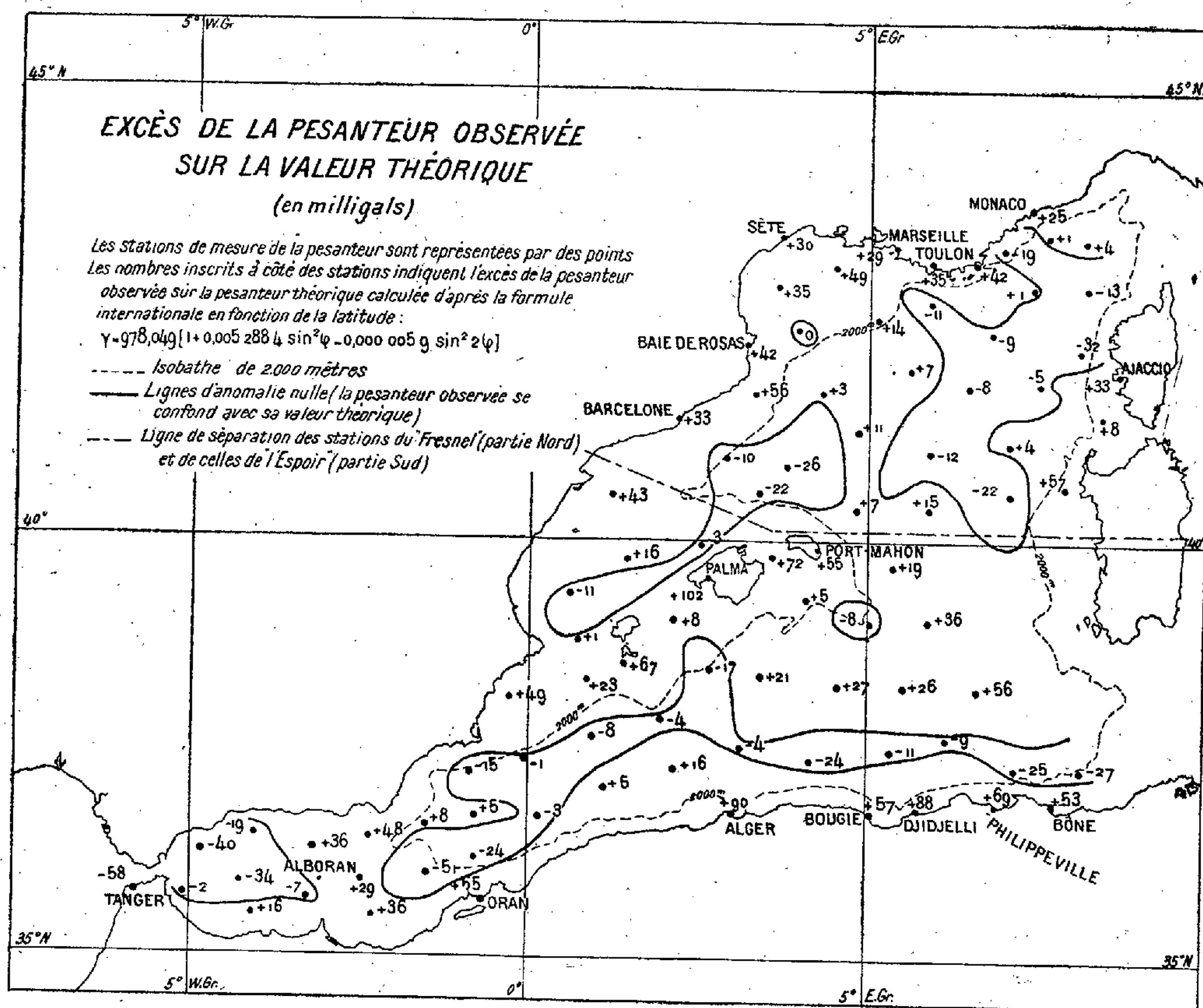
GÉODÉSIE. — *Sur la croisière gravimétrique du sous-marin* Espoir *dans la partie sud-ouest du bassin occidental de la Méditerranée en* 1936. Note de MM. **Pierre Marti** (¹) et **Georges Anthoine**, transmise par M. Georges Durand-Viel.

Les mesures d'intensité de la pesanteur en mer entreprises en 1933-1934 par la Marine française dans la partie nord-ouest du bassin occidental de la Méditerranée ont été poursuivies au cours de l'été 1936 dans la partie

(¹) Décédé le 5 décembre 1938.

méridionale de ce bassin, dans toute la zone située au sud des Iles Baléares.

Le Ministre de la Marine avait désigné pour cette croisière le sous-marin *Espoir* et le Service hydrographique avait chargé de la direction scientifique des travaux M. l'Ingénieur-hydrographe en chef Pierre Marti, qui avait déjà dirigé les opérations gravimétriques de la première croisière en 1933 et 1934, et qui fut assisté pendant la deuxième croisière par M. l'Ingénieur-hydrographe de 1re classe Georges Anthoine.



L'appareil utilisé était cette fois-ci encore un instrument du type Vening Meinesz, prêté gracieusement au Comité national français de Géodésie et Géophysique par la Commission géodésique néerlandaise (2).

(2) Voir *C. R. A. S.* du 25 novembre 1935, **201**, p. 1019.

Les opérations durèrent deux mois (du 15 mai au 20 juillet 1936); 46 stations à la mer espacées d'environ 80^{km} ont été effectuées; en outre des stations ont été exécutées dans les 10 ports suivants : Toulon (station de référence), Alger, Oran, Bône, Philippeville, Djidjelli, Bougie, Tanger, Port-Mahon, Palma.

Les résultats des observations ont été ramenées à ce qu'elles seraient si elles avaient été effectuées à la surface de la mer et sur un bâtiment immobile à la surface du globe. Les calculs qui ne sont pas encore terminés définitivement, notamment en ce qui concerne la correction isostatique, permettent toutefois de dresser dès maintenant une première carte suffisamment exacte indiquant la valeur de la pesanteur sur toute l'étendue du bassin occidental de la Méditerranée.

Les chiffres obtenus ont été comparés aux valeurs théoriques de la pesanteur calculées par la formule internationale en fonction de la latitude du lieu d'observation; les écarts sont figurés sur le croquis ci-joint.

De l'examen de ce croquis on peut dès à présent déduire que la partie ouest du bassin occidental de la Méditerranée peut être divisée en ce qui concerne les anomalies de la pesanteur en trois zones distinctes :

Dans la partie septentrionale (au nord du parallèle des Iles Baléares), la pesanteur est en général plus forte que la normale sur le côté ouest et plus faible sur le côté est.

Dans la partie centrale (au sud du parallèle des Baléares), l'intensité de la pesanteur est supérieure à la normale.

Enfin dans la partie méridionale, sa valeur est inférieure à la normale au large de la côte africaine et redevient supérieure à la normale près de cette côte.

On peut remarquer, d'autre part, que les lignes où la pesanteur observée se confond avec sa valeur théorique (ligne d'anomalie nulle) présentent des différences très notables avec les lignes bathymétriques.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les relations entre les effets de massivité des sels et certaines caractéristiques ioniques et atomiques.* Note de M. **Fred Vlès** et Mlle **Madeleine Gex**, transmise par M. Jean Perrin.

Vlès, Gex et Reiss ([1]) ont étudié des actions exercées par les sels neutres sur certaines molécules colorées en solution, et ont établi un tableau d'indicateurs virant pour des concentrations déterminées des sels neutres. L'équilibre entre la concentration du sel et les deux formes de l'indicateur peut être exprimé par une loi de masses dont M est la constante, ce qui, en logarithmes négatifs, donne la relation

$$pX = pM + \frac{1}{a}\log\frac{A}{B}, \tag{1}$$

où pX est le logarithme négatif de la concentration moléculaire du sel, A et B les quantités des deux formes extrêmes équilibrées de l'indicateur, pM la constante (dite *indice de massivité*) caractérisant le demi-virage, et a un facteur d'association représentant le nombre de molécules en jeu. Pour un indicateur donné, la constante pM variait avec la nature du sel; les essais de sériation des valeurs de pM, en fonction des diverses caractéristiques physiques des sels, n'avaient pu à ce moment conduire à une interprétation, faute de données. Cependant cinq sur six des cations alors étudiés avaient leurs pM dans l'ordre des nombres atomiques, un seul, le Cd, s'étant montré anormal. Le fait que ce dernier était ici le seul à ne pas présenter la configuration électronique des gaz rares (au sens de Kossel), nous a incité à supposer qu'une polarisation électrostatique pourrait intervenir dans le classement.

Des expériences ont été reprises dans les conditions des anciennes mesures, avec un même indicateur, la *sulfonecyanine* 5R, et des séries de chlorures des divers cations. Comme précédemment, pour des concentrations échelonnées du sel, on a mesuré au spectrophotomètre la transformation optique de l'indicateur, et déterminé dans chaque cas, à partir de l'équation (1), la constante pM correspondante.

Dans ces conditions, nous avons comparé le tableau des pM avec une série de données atomiques et ioniques de Born, permettant d'attaquer le

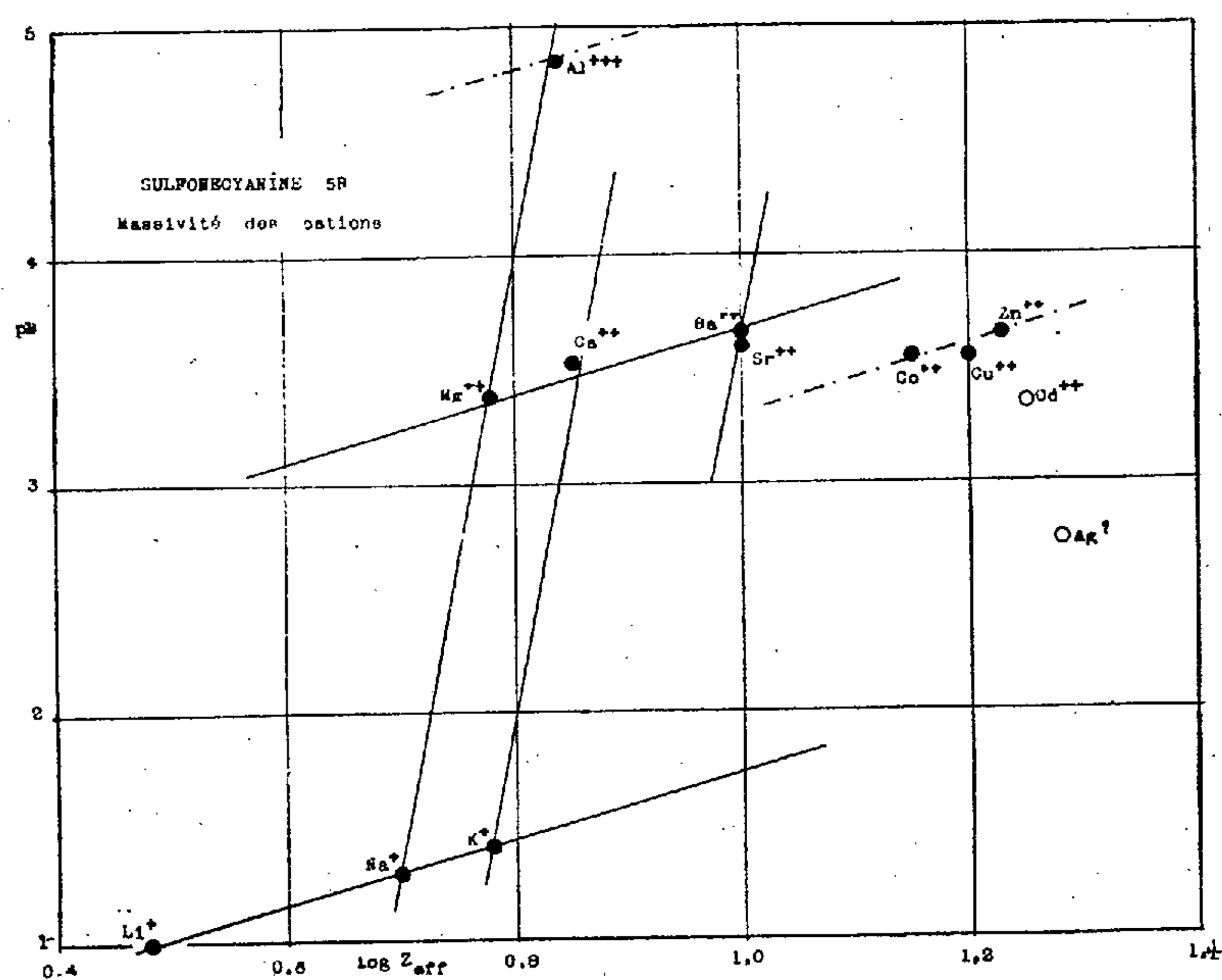
([1]) Vlès, *Comptes rendus*, 185, 1927, 644; Vlès, Gex et Reiss, *Arch. Phys. biol.*, VI, 3, 1928, p. 141-223; Vlès et Kyvelos, *Comptes rendus*, 190, 1930, 134.

problème de la polarisation à partir de la déformation des ions, de l'énergie réticulaire, et de l'énergie d'ionisation. En première approximation une relation apparaît : si l'on construit un graphique en portant les pM en ordonnées, et les $\log Z_{\text{eff}}$ des cations en abscisses (Z_{eff} étant ce que Born Et Heisenberg appellent le nombre effectif de charges du noyau atomique), les points se sérient en un réseau de droites dont les unes jalonnent les éléments à valence égale, et les autres à valences croissantes dans une période (tout au moins pour les éléments de la troisième et de la quatrième période). En première approximation on a

$$\text{(II)}\qquad pM + ap Z_{\text{eff}} = b \nu^{\frac{1}{2}} + c \qquad (a = 1,42;\quad b = 4,70;\quad c = -4,38).$$

ν = valence de l'ion

Ce graphique est à rapprocher de celui de Born et Heisenberg (²), où



$\log Z_{\text{eff}}$ est sérié en fonction de la polarisabilité. Les éléments des familles du Cu et du Pd, dont nous avons tenté de calculer approximativement le Z_{eff} à partir de la formule de Born et de données empruntées à Bohr et Coster (³), présentent, comme il fallait s'y attendre, des anomalies de

(²) Born et Heisenberg, *Z. für Physik*, **23**, 1924, p. 388.

(³) Bohr et Coster, *Z. für Physik*, **12**, 1923, p. 342.

position; ainsi que le prévoient ces derniers auteurs, les écarts sont plus grands pour la deuxième famille que pour ceux de la première. Ceux-là jalonnent une droite parallèle à l'un des éléments du réseau (pM, log Z_{eff}); pour l'Ag, la définition expérimentale de la solution très diluée est incertaine, en ce que, au pH que possède celle-ci et qui dépasse le point isopotentiel situé à 6 ([4]), il est probable qu'une partie des ions (calculé : 36 %) correspond à l'Ag^{++} divalent. L'influence de l'anion sur le pM est très minime; ceci est à rapprocher de ce qu'ont vu Born et Heisenberg ([5]) sur le peu d'influence des anions vis-à-vis de la polarisabilité. La massivité se rapproche donc assez étroitement des phénomènes de polarisation. Il est intéressant de remarquer qu'il serait maintenant *possible de déterminer empiriquement, à partir d'une mesure colorimétrique, le Z_{eff} d'un ion, et par conséquent une série de données ioniques importantes* (la déformation α, le « nombre de couverture » γ de Born et Heisenberg, le rayon ionique, l'énergie moléculaire etc.); d'autre part, divers phénomènes apparus déjà comme connexes (adsorption etc.) se laissent ramener au même groupe d'actions : ainsi la loi de Schultze-Hardy, de la floculation des colloïdes par les électrolytes, pourrait répondre à une expression du type II.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la cinétique de décomposition fractionnée des austénites en condition isotherme.* Note de MM. **Henri Jolivet** et **Albert Portevin**, transmise par M. Léon Guillet.

Si l'on procède, pour des aciers à faible teneur d'éléments d'alliage, à la décomposition des austénites dans les domaines de transformation supérieur (Ar′) ou intermédiaire (Ar″) par une suite de séjours à température décroissante ou croissante, en réalisant entre l'un d'eux et le suivant une variation de température assez rapide pour éviter toute transformation

([4]) Pour un certain nombre de solutions, il n'est pas évident qu'en raison de l'hydrolyse on ait encore affaire aux chlorures; mais étant donnée la grande dilution où se produit alors le virage $\left(\text{concentrations inférieures à } \frac{M}{1000}\right)$ l'hydroxyde est totalement dissocié, de sorte que l'on peut raisonner sur le cation. Il ne faut pas perdre de vue que si le pH de la solution, par la dilution, a dépassé l'un des points isopotentiels du métal, la définition du cation peut ne plus rester identique au point de vue de la valence de celui-ci.

parasite, les structures qui prennent naissance sont caractéristiques de leur température de formation (¹).

Il existe ainsi autant de structures que de températures de maintien isotherme, le passage de l'une à l'autre s'effectuant de manière discontinue.

L'hérédité, due aux états antérieurs, se limite au rôle de centres de transformation joué par des plages déjà transformées pour la nouvelle structure, les conditions de transformation nouvelles étant régies par les conditions actuelles dans l'austénite résiduelle.

L'étude de la cinétique des transformations isothermes permet de vérifier cette observation.

Les courbes quantité transformée-temps présentent, *aux différentes températures des deux domaines* Ar′ *et* Ar″, des caractères communs. Après une période initiale où la vitesse de transformation décelable est très faible ou nulle (temps d'inhibition), elles comportent une partie accélérée suivie d'une partie retardée séparées par une inflexion et se terminent avec une vitesse faible.

A chaque température, correspond une telle courbe caractéristique pour une austénite donnée.

La cinétique de décomposition fractionnée sera, d'après ce qui précède, constituée par des fractions successives des différentes courbes caractéristiques, si l'on suppose réalisées les deux conditions suivantes :

a. La concentration de l'austénite résiduelle ne varie, au cours de la transformation, que dans des limites peu étendues, ou varie suivant la même loi aux différentes températures de séjour.

b. L'influence *spécifique* des régions déjà transformées en tant que centres de transformation est limitée à une période de transition de courte durée au début de chaque séjour fractionnaire.

Ceci est vérifié avec une approximation satisfaisante pour des aciers faiblement alliés de *composition eutectoïde*, ou voisine de l'eutectoïde, dans la plupart des conditions d'expérience. Cette vérification est cependant en défaut dans certains cas où les deux hypothèses fondamentales énoncées plus haut ne sont pas réalisées.

La méthode dilatométrique se prête à une telle démonstration si l'on suppose, en première approximation, que l'amplitude des variations de longueur enregistrées mesure la quantité d'austénite transformée. Pour deux aciers A(C = 0,65 — Mn = 0,4 — Ni = 2,75 — Cr = 0,75 — Mo = 0,6)

(¹) A. PORTEVIN et H. JOLIVET, *Comptes rendus*, 207, 1939, p, 1498.

et B(C = 0,75 — Mn = 0,7 — Cr = 1 — Mo = 0,6), les courbes dilatation-temps enregistrées aux différentes températures ont été réduites, afin de représenter les quantités d'austénite transformées, à une même échelle pour les ordonnées, les amplitudes de transformation totale étant différentes aux diverses températures.

D'autre part une série de courbes isothermes correspondant à des décompositions fractionnées ont été enregistrées aux températures des

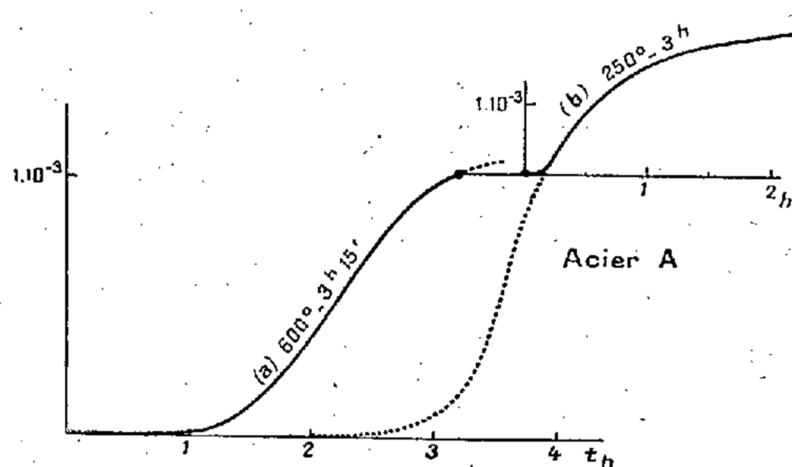


Fig. 1. — Acier A. Chauffage à 900°.
a : Premier séjour à 600°, 3h 15m (Ar′).
b : Deuxième séjour à 250°, 3 heures (Ar″).

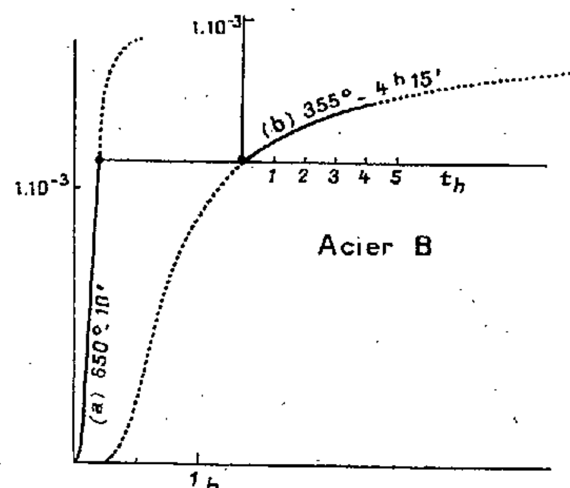


Fig. 2 — Acier B. Chauffage à 900°.
a : Premier séjour à 650°, 10 min. (Ar′).
b : Deuxième séjour à 550°, 4h 15m (Ar″).

séjours successifs et chacune des fractions a été réduite dans la même proportion que la courbe totale se rapportant à la même température.

Les courbes de décomposition fractionnée coïncident effectivement dans la plupart des cas, avec des fractions successives des courbes totales si l'on excepte une période de transition généralement peu importante lors du passage d'un séjour isotherme au suivant.

Les figures 1 et 2, reproduites à titre d'exemple, sont relatives aux conditions ci-dessus pour chaque figure.

Les courbes totales correspondantes ont été tracées en lignes ponctuées dans les parties qui ne sont pas confondues avec les courbes partielles.

Toutefois, une transformation partielle antérieure peut modifier d'une manière essentielle les conditions de transformation isotherme de l'austénite résiduelle.

Cette constatation, sur laquelle nous nous proposons de revenir, doit être rattachée au fait que les conditions d'indépendance des transformations isothermes fractionnaires énoncées plus haut ne sont pas satisfaites pour ces conditions d'expérience.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *La mesure du champ magnétique terrestre aux hautes altitudes déduite de l'étude de l'ionosphère.* Note [1] de MM. **Raymond Jouaust**, **Émile Thellier** et **Henri Jardy**, transmise par M. Charles Maurain.

Lorsqu'on procède à la mesure de l'altitude de l'ionosphère par le procédé du sondage vertical, on observe généralement deux échos. L'explication de l'existence de ces deux échos est la suivante :

Sous l'action du champ magnétique terrestre, le rayon incident se dédouble dans l'ionosphère. L'un des rayons (rayon ordinaire) se comporte au point de vue de la hauteur de réflexion comme ayant la fréquence de l'onde incidente f, l'autre (rayon extraordinaire) comme ayant une fréquence f' telle que

$$f' = f(f - f_{\text{H}}) \qquad (1)$$

avec

$$f_{\text{H}} = \frac{\text{H}e}{2\pi mc},$$

H champ terrestre en gauss, e charge de l'électron dans le système électrostatique C. G. S., m sa masse, c vitesse de la lumière.

Depuis un certain nombre de mois, nous procédons à des mesures journalières de la hauteur de l'ionosphère pour des fréquences comprises entre 3 et 7,4 mégacycles par seconde avec bonds de 0,2 mégacycle par seconde. Ces mesures, effectuées aux environs de midi, sont faites par des procédés visuels. A titre d'exemple nous reproduisons dans la figure les résultats obtenus le 25 juillet 1939.

La zone de réflexion AC située à une altitude de 100^{km} est la région connue sous le nom de couche E. La portion DE correspond à la réflexion du rayon ordinaire sur la couche F_1, la portion HI à la réflexion du rayon ordinaire sur la couche F_2, FG à la réflexion du rayon extraordinaire sur F_1, JK à sa réflexion sur F_2.

De ces courbes, par application de la formule (1), il est possible de déduire f_{H} et par suite H.

On trouve pour H dans la région F la valeur 0,42 gauss, valeur très

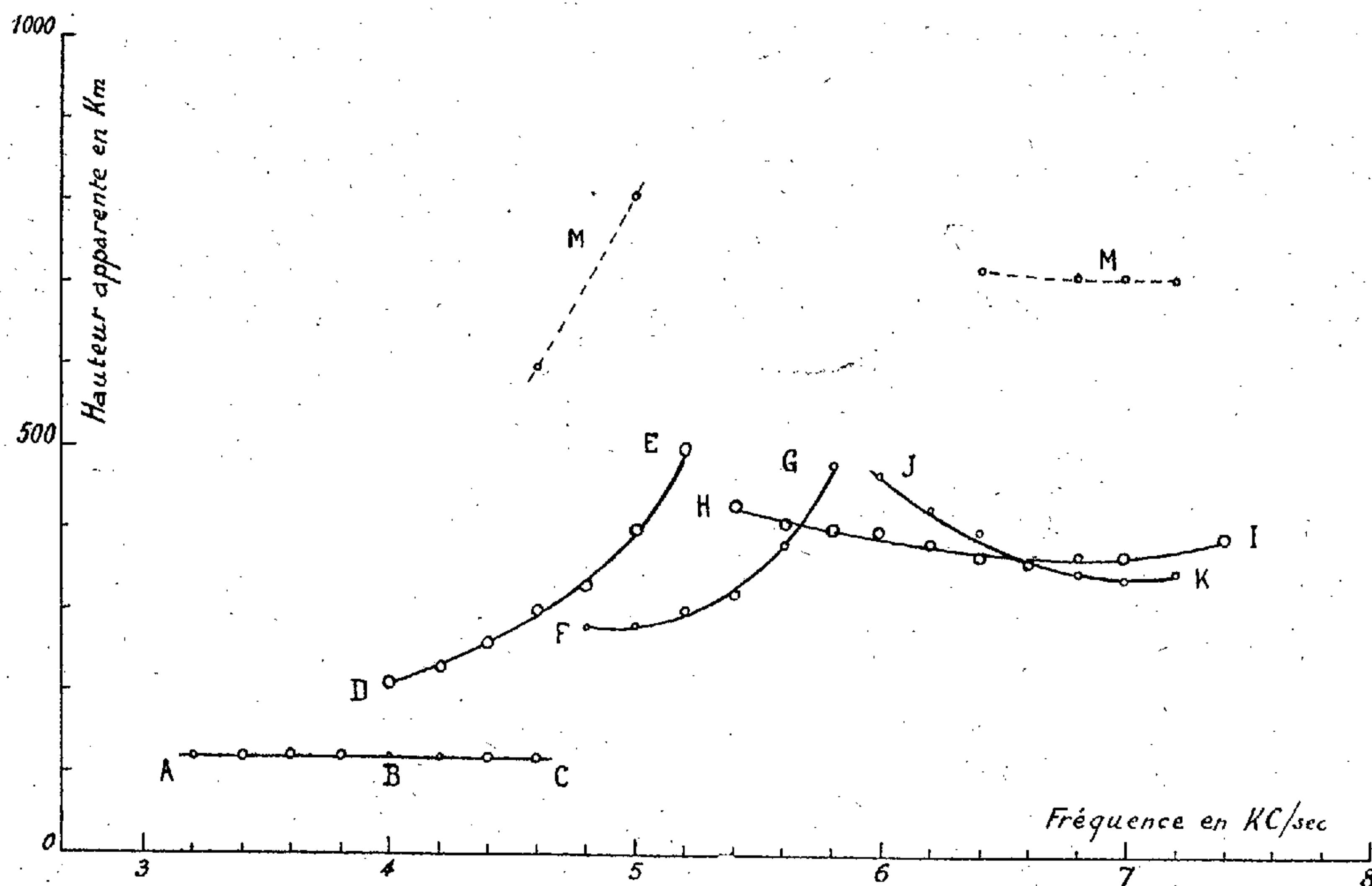
---

[1] Séance du 7 août 1939.

voisine de la valeur 0,41 qui est celle qu'on trouve pour la valeur du champ à une altitude de 250^{km} en supposant le magnétisme terrestre uniquement dû à des actions internes et en prenant 0,46 gauss pour valeur du champ au sol à Paris.

Un résultat semblable avait été obtenu par E. V. Appleton ([1]) qui avait constaté que le champ dans l'ionosphère était plus faible de 10 % qu'au sol.

On constate sur la figure, dans la région comprise entre 4 et 4,7 mégacycles par seconde, des réflexions simultanées sur les couches E et F.



On peut remarquer tout d'abord que les réflexions sur E cessent lorsque apparaissent les réflexions du rayon extraordinaire sur F. D'autre part, si partant de la fréquence pour laquelle le rayon ordinaire perce la couche E, on calcule par la formule (1) la fréquence pour laquelle le rayon extraordinaire doit percer cette couche, on trouve précisément la valeur pour laquelle toute réflexion cesse sur E. Ces faits permettent d'affirmer que les réflexions de la portion BC sont dues au rayon extraordinaire.

([1]) *Nature*, 133, 1934, p. 798.

Ces réflexions simultanées sur E et F avaient déjà été signalées, mais à notre connaissance personne n'en avait encore précisé la cause.

Tous les résultats dont nous avons fait usage se rapportent à des jours magnétiquement calmes ou peu agités. Les jours de grande agitation magnétique les phénomènes de réflexion des ondes dans l'ionosphère sont tout autres.

PHARMACOLOGIE. — *Sur une curieuse propriété physiologique de l'extrait aqueux de* Rauwolfia heterophylla *Rœm. et Sch.* Note [1] de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Marc Tiffeneau.

Nous avons montré [2] que le Chalchupa, drogue alexitère et antimalarique du Guatemala, qu'on sait être le *Rauwolfia heterophylla* Roem. et Sch. [3], est doué d'une action sympathicolytique majeure. Nous avons découvert depuis lors qu'en injectant au chien une dose appropriée d'extrait aqueux de cette drogue, on peut obtenir, en même temps que l'inversion des effets hypertenseurs des doses moyennes d'adrénaline qui caractérise pour nous les sympathicolytiques majeurs, une augmentation plus ou moins forte de l'hypertension provoquée par l'occlusion des carotides.

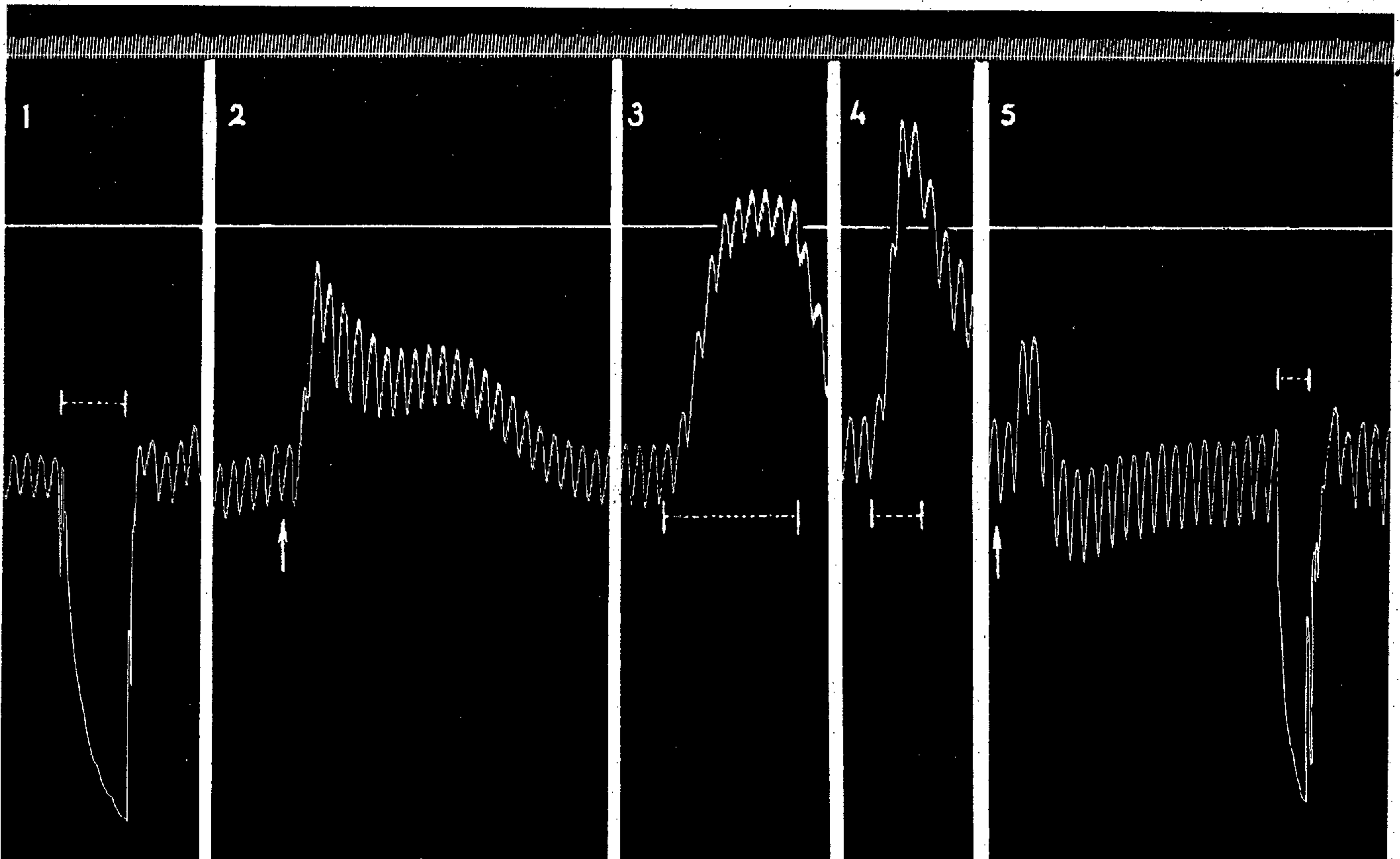
C'est ainsi que, dans l'expérience dont nous reproduisons ici le tracé (*fig.* 1 à 5), la pression carotidienne, après l'injection de $0^{mg},01$ d'adrénaline, s'est élevée de 150 à 209^{mm} de Hg. ; puis, après avoir descendu à 181 et remonté à 182, a regagné progressivement le voisinage de son niveau initial (*fig.* 2). L'occlusion des carotides continuée jusqu'à ce que la pression carotidienne, après avoir atteint son niveau maximal, commence à redescendre, a provoqué une hypertension de 82^{mm} de Hg, qui a porté cette pression de 150 à 232^{mm} (*fig.* 3). Quand l'animal eût été soumis à l'action de 1^{cm^3}. par Kg. d'un extrait aqueux de *R. heterophylla* obtenu par décoction et macération prolongées, et dont 8^{cm^3} correspondaient à 1^g de drogue, l'occlusion des carotides fut suivie d'une hypertension de 94 mm. de Hg. amenant la pression carotidienne de 160 à 254^{mm} (*fig.* 4) tandis que l'injection de la même dose d'adrénaline qu'auparavant, après avoir élevé passagèrement cette pression de 160 à 186^{mm} de Hg. l'abaissa à 143^{mm}, soit à 17 mm. au-dessous de son niveau initial (*fig.* 5).

---

(1) Séance du 7 août 1939.

(2) Raymond-Hamet, *C. R. Soc. Biol.*, **129**, 1938, p. 462.

(3) E.-C. Deger, *Ber. d. Deutsch. pharmazeut. Gesellsch.*, **47**, 1937, p. 496.



Chien de 10^{kg}, anesthésié par le chloralose (12^{cg} par kg), bivagotomisé au cou et soumis à la respiration artificielle. 1re ligne : temps en secondes. 2e ligne : repère de la pression carotidienne à 22^{cm} de Hg. 3e ligne : variations de la pression carotidienne enregistrées au moyen du manomètre à mercure. En 1 et en 5, entre les traits reliés par une ligne interrompue, on a excité le bout périphérique du pneumogastrique droit, l'écartement des bobines du chariot de Du Bois Reymond étant de 5^{cm}. En 3 et en 4, entre les traits réunis par une ligne interrompue, on a pratiqué l'occlusion continue de la carotide droite, la carotide gauche étant reliée avec le manomètre à mercure. En 2 et 5, aux points marqués par les flèches, on a injecté dans la saphène $0^{mg},01$ d'adrénaline dissous dans 1^{cm^3} de soluté physiologique de chlorure de sodium. Entre les tracés 3 et 4, l'animal a reçu 2 injections intraveineuses successives, la 1re de 4, la 2e de 6^{cm^3} d'extrait aqueux de R. heterophylla. Tracés réduits de 1/5e.

Si l'on admet que l'occlusion carotidienne équivaut à une excitation étendue du système nerveux sympathique, il est difficile de comprendre comment l'hypertension qu'elle provoque pourrait, comme on l'a prétendu, résulter exclusivement d'une libération d'adrénaline et de cette substance si voisine que serait la sympathine, puisque l'extrait aqueux de *R. heterophylla* agit en sens opposé sur cette hypertension et sur celle qui suit l'injection d'adrénaline.

Ajoutons qu'aux doses où il inverse l'action hypertensive d'une dose moyenne d'adrénaline, l'extrait aqueux de *R. heterophylla* n'a pas d'influence appréciable sur les effets cardiaques de l'excitation du bout périphérique du pneumogastrique (*fig.* 1 et 5). Ajoutons encore que, comme celui de *R. vomitoria* Afz., l'extrait de *R. heterophylla* produit chez le chien de la diarrhée et du vomissement.

M. **Maurice Dériberé** adresse une Note intitulée *Le rôle du* pH *sur la fluorescence de l'urine*.

La séance est levée à 15h45m.

A. Lx.

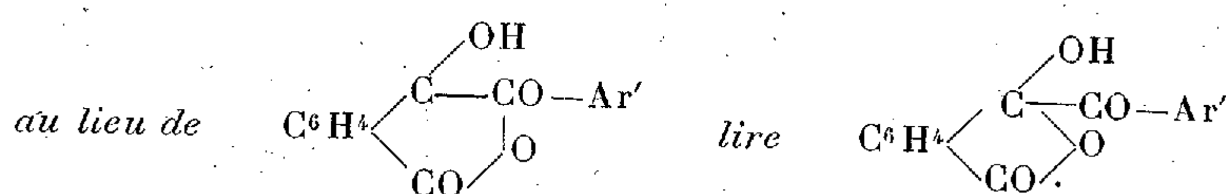
ERRATA.

—

(Séance du 26 juin 1939.)

Note de M. *Buu-Hoi*, Méthodes générales de synthèse des acides benzil-*o*-carboniques et β-désoxybenzoïne-*o*-carboniques :

Page 2082, ligne 30, formule (III),



Ligne 32, au lieu de *Ber. d. chem. Ges.*, **49**, 1936, p. 213, lire *Ber. d. chem. Ges.*, **49**, 1916, p. 213.

(Séance du 3 juillet 1939.)

Note de Mlle *Raymonde Lagrange* et M. *Arakel Tchakirian*, Sur la détermination spectrographique de quelques éléments existant dans certaines algues calcaires (*Lithothamnium calcareum*) :

Page 59, ligne 2, *au lieu de* Cornu, *lire* Cornec.

(Séance du 10 juillet 1939.)

Note de M. *Paul Lévy*, Mouvement brownien linéaire et mouvement brownien plan :

Page 142, formule (5), *au lieu de*

$$\frac{\rho^2}{4} G''_{\alpha^2}$$

lire

$$\frac{1}{4}\int_0^\rho G'''_{\alpha^2\lambda}(\alpha, \lambda)\lambda^2\, d\lambda.$$

En posant $G'_\rho = H$, l'équation devient donc

$$\left(1+\frac{1}{\rho^2}\right)H + 2\alpha H'_\alpha + \left(\rho - \frac{1}{\rho}\right)H'_\rho + \frac{\rho^2}{4}H''_{\alpha^2} + H''_{\rho^2} = 0.$$

(Séance du 17 juillet 1939.)

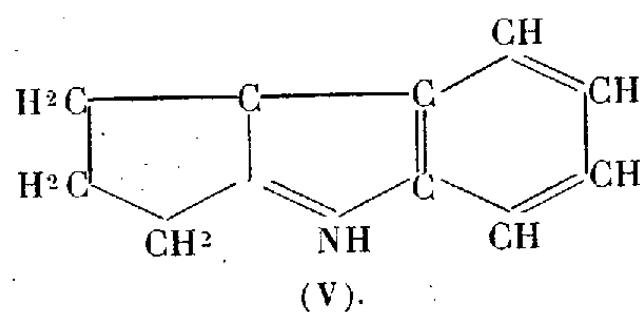
Note de M. *Lucien Balozet*, Résistance du virus de l'anémie infectieuse au rayonnement de la lampe à mercure :

Page 178, ligne 17, *au lieu de* L'épaisseur de la couche de sérum, uniformément étalé, est de $1^{cm},5$ environ, *lire* $1^{mm},5$ environ.

(Séance du 24 juillet 1939.)

Note de M. *Panos Grammaticakis*, Action des organomagnésiens mixtes sur les phénylhydrazones des cyclanones :

Page 319, ligne 9, *lire*



(V).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 AOUT 1939.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE BÉHAL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'hérédité chez le Haricot xénié.* Note de M. LUCIEN DANIEL.

Depuis 1900, je cultive exclusivement, dans mon jardin d'Erquy (Côtes-du-Nord), deux races de Haricots bien connues, le Haricot Princesse à rames et le Flageolet vert nain. Tous les ans je sélectionne moi-même toutes les graines. Je n'avais jamais observé de variations notables chez ces deux races; or, en 1933, je trouvai, dans une gousse de Princesse, sept grains ronds panachés de violet foncé sur fond pâle. Il s'agissait d'une xénie résultant du croisement fortuit de ces deux races; l'autofécondation n'est donc pas une règle absolue chez les Légumineuses comme on le prétend, ce qui semble exagéré, vu que les Haricots et les Pois sont au nombre des 16 genres mellifères de cette famille qui sont visités par divers insectes.

Ayant semé les sept grains uniformément xéniés, je constatai avec étonnement que les jeunes semis ne se conformaient pas au schéma mendélien. Au lieu d'être tous à rames comme leur mère, ils étaient tous nains à la façon du père. Le caractère grande taille qui aurait dû être dominant était devenu récessif. De plus, à la génération F_1 (1934), il se produisit une disjonction anormale : quatre pieds étaient à fleurs blanches; leurs gousses, arquées et lisses, contenaient des grains allongés, blanc verdâtre comme chez le Flageolet; les trois autres étaient à fleurs violacées, à gousses plus ou moins carminées, à grains panachés. Chez l'un de ces pieds, assez tardif, les gousses étaient très parcheminées et les grains, larges et aplatis, étaient marbrés de roux sur fond plus pâle. Sur quelques pieds se voyaient des monstruosités diverses des feuilles.

En 1935, je semai toutes les graines récoltées. La variation fut relativement faible pour les descendants des quatre premiers pieds; mais chez deux des trois autres, elle fut considérable au point que je pus sélectionner trois variétés nouvelles : la 1re à grains petits, blancs et allongés; la 2e, également à grains blancs, mais teintés de jaune verdâtre, gros et moins longs que les précédents; la 3e, à fleurs violettes et à grains bleus, les uns mats, les autres brillants. Le type nain, tardif, à gousses parcheminées et grains panachés, avait conservé ses caractères. Les monstruosités des feuilles s'étaient maintenues à cette génération F_2 et le firent par la suite.

L'année suivante, en mai 1936, mes graines furent toutes semées; une suite d'à-coups de végétation (sécheresse et vents froids) contraria la germination en F_3 et réduisit ma récolte des graines. Je remarquai simplement la fixation de mes trois variétés sélectionnées et du type à parchemin. Fait extraordinaire, aux trois générations F_1, F_2 et F_3, *aucun caractère de la mère ne s'était montré sur les descendants des Haricots xéniés*. Tous ses caractères semblaient devenus récessifs.

A la génération F_4, mes semis furent faits plus en grand, tant chez mes sélections que chez les diverses autres variétés nouvelles qui s'étaient montrées. Cette fois, j'eus la surprise de voir apparaître pour la première fois 5 pieds à rames, mais dont les tiges nettement volubiles étaient de longueur différente. Trois avaient des gousses vertes, carminées plus ou moins, avec des grains bleus ou panachés et des fleurs violettes et, les deux autres des fleurs blanches, des gousses vertes longues de 18cm, aplaties ou arrondies, avec des grains blancs mi-allongés et bombés. Je recueillis soigneusement tous les grains, malheureusement peu nombreux, vu les conditions défavorables au moment de la fécondation et de la fructification, et je semai le tout en mai 1938, en même temps que mes autres sélections. La sécheresse extrême du printemps et de l'été 1938 et des orages eurent encore pour résultat de contrarier le développement de mes Haricots et leur fructification. Cependant cette génération F_4 fut intéressante, car les descendants des types à rames présentèrent à des degrés divers, des caractères de la mère, plus ou moins modifiés suivant les exemplaires. Ainsi reparurent des gousses droites moniliformes, souvent irrégulières, et des grains blancs ou ivoire de forme et de grosseur extrêmement variables, soit aplatis, soit arrondis. Entre ces deux extrêmes se trouvaient tous les passages.

A côté de ces retours nouveaux je constatai la présence de Haricots

grimpants de formes nouvelles, dont un pied à gousses cylindriques allongées mais de minime épaisseur, lisses et non moniliformes, dans lesquelles il y avait des grains arrondis plus petits que chez la Princesse et de la même teinte.

Cette année j'ai continué les semis de mes graines sur une plus grande échelle car, malgré les circonstances atmosphériques défavorables, mes récoltes à la génération F_6 avaient grandement augmenté. Au début de mai 1939, j'ai semé 7 planches de Haricots, en y comprenant les témoins Princesse et Flageolet. Mes semis avaient tous particulièrement bien réussi et j'opérai cette fois, pour mes sélections anciennes, sur 500 grains environ. Au 1er juillet, tous mes exemplaires étaient superbes, et promettaient une abondante récolte. Dans la nuit du 3 au 4 juillet, un violent orage suivi d'une trombe d'eau accompagnée de gros grêlons abattit et hacha mes Haricots nains surtout dont la récolte va être très réduite. Cependant j'ai pu constater des faits nouveaux intéressants. Non seulement chacune de mes trois variétés sélectionnées a donné un pied à rames sur 500 exemplaires, mais le témoin Flageolet a fourni pour la première fois deux types à rames dont j'étudierai plus tard les caractères de la graine, car ces pieds sont plus tardifs que leur ascendant paternel. Cette disjonction, ce retour atavique à *retardement* montre que les races dites pures peuvent donner des formes d'*évolution* ou de *régression* bien que l'on ait prétendu le contraire.

De plus, les descendants des pieds à rames, à gousse longue, aplatie, et un peu moniliforme, ont fourni de nombreuses inflorescences en grappes, composées de 5 à 10 fleurs, phénomène rare chez la Princesse, et des gousses mangetout, excellentes, atteignant 25 à 29cm de long comme chez les Haricots Phénomène, le Mangetout du Maine et les races voisines. D'autres types à rames de la même provenance ont des gousses jaunes ou blanches, moniliformes ou non, droites comme chez la Princesse ou arquées comme chez le Flageolet, suivant les exemplaires, etc.

Ces faits, contrôlés par des gens compétents, seront décrits, avec plus de détails et des figures, dans une publication dont la première partie est parue en 1938 et dont la seconde va bientôt paraître [1]. Ils montrent que Mendel était plus prudent que certains de ses disciples quand il écrivait modestement et très justement : « On pourrait être conduit à des considé-

(1) Lucien Daniel, *Les mystères de l'hérédité symbiotique*, Rennes, 1939, avec 32 pl., dont 16 en couleurs et nombreuses figures dans le texte.

rations erronées si l'on voulait admettre, dès maintenant, comme *lois* de l'hybridation, les *règles* tirées de l'observation de quelques autres hybrides et, sans plus amples critiques, aux *Hieracium* » (MENDEL, *Verhand. der. naturf. in Brunn*, 8, 1869). Le cas des Haricots xéniés a d'autant plus d'intérêt à ce point de vue que Mendel a opéré, chez les Haricots, sur la race Princesse et une autre race naine de l'espèce *Phaseolus vulgaris;* il jette une certaine lumière sur l'origine, sur l'histoire des races chez les Haricots; il montre aussi que nous sommes loin d'avoir élucidé tous les mystères de l'hérédité par croisement ou par multiplication végétative, ainsi que ceux de l'hérédité acquise sous l'influence des milieux.

CORRESPONDANCE.

THÉORIE DES ESPACES ABSTRAITS. — *Géométrie différentielle projective générale des géodésiques généralisées.* Note [1] de MM. **ARISTOTLE D. MICHAL** et **ALADUKE BOYD MEWBORN**, transmise par M. Élie Cartan.

Soit H un espace géométrique de Hausdorff et dont les coordonnées permises $K^{(3)}$ sont dans un espace B de Banach [2]. Supposons de plus l'existence des deux êtres géométriques suivants :

1° Une classe de *connexions linéaires* symétriques dont les composantes dans un système de coordonnées quelconque se déduisent d'une composante arbitraire par un *changement projectif de connexion* [3],

$$\hat{\Gamma}(x, \xi_1, \xi_2) = \Gamma(x, \xi_1, \xi_2) + \Phi(x, \xi_1)\xi_2 + \Phi(x, \xi_2)\xi_1, \tag{1}$$

où $\Phi(x, \xi)$ est une fonction à valeur scalaire, différentiable [4] en x, et linéaire par rapport au vecteur contrevariant (dit v. c.) ξ.

---

(1) Séance du 24 juillet 1939.

(2) A. D. MICHAL et D. H. HYERS, *Annali d. R. Scuola Normale Superiore di Pisa*, 2e série, 7, 1938, p. 1-19.

(3) A. D. MICHAL, *Proc. of the National Acad. of Sci.*, 23, 1937, p. 546-548; *General Differential Geometry and Related Topics* [*Bul. of the Amer. Math. Soc.*, 45, 1939 (sous presse)]. Il faut signaler que dans l'étude présente nous ne supposons point de produit scalaire ni de contraction dans notre espace B de coordonnées.

(4) Nous désignons par $f(x; y)$ la différentielle au sens de Fréchet d'une fonction $f(x)$ avec accroissement y.

2° Une classe de *formes « jauges »* scalaires dont les composantes dans un système quelconque de coordonnées sont de classe $C^{(1)}$ en x, et symétriques et bilinéaires par rapport aux v. c. ξ_1 et ξ_2. La relation déterminante de cette classe est le *changement de forme jauge*,

$$(2)\quad \hat{\bar{\Gamma}}^0(\bar{x}, \bar{\xi}_1, \bar{\xi}_2) = \hat{\Gamma}^0(x, \xi_1, \xi_2) = \Gamma^0(x, \xi_1, \xi_2) + \frac{1}{M}\left\{\frac{1}{2}[\Psi(x, \xi_1; \xi_2) + \Psi(x, \xi_2; \xi_1)] - \Psi[x, \Gamma(x, \xi_1, \xi_2)] - \Psi(x, \xi_1)\Psi(x, \xi_2)\right\},$$

où M est un nombre positif et $\Psi(x, \xi)$ est une fonction soumise aux mêmes restrictions que $\Phi(x, \xi)$.

Nous dirons que tout changement projectif selon (1) et (2), où

$$\Phi(x, \xi) \equiv \Psi(x, \xi),$$

est *un changement coprojectif de connexion et de forme jauge.*

Les solutions $x = x(s)$ de l'équation différentielle

$$(3)\quad \frac{d^2x}{ds^2} + \Gamma\left(x, \frac{dx}{ds}, \frac{dx}{ds}\right) = 0,$$

où s est un paramètre affin et Γ une connexion linéaire de notre première classe, sont les représentations dans l'espace B d'un système de *géodésiques généralisées* dans l'espace H.

Il existe un changement de paramètre affin $s \to s$, tel que la relation (3) reste invariante lorsqu'on la soumet simultanément aux changements (1) et $s \to \hat{s}$.

Le paramètre projectif normal π est défini, à une transformation fractionnaire linéaire non singulière près, par

$$\{\pi, s\} = -2M\Gamma^0\left(x, \frac{dx}{ds}, \frac{dx}{ds}\right),$$

où $\{\pi, s\}$ est la dérivée bien connue de Schwartz, M est un nombre positif et Γ^0 est une forme jauge de notre deuxième classe.

Théorème I. — *Le paramètre projectif normal* π *assujetti à une transformation coprojective de connexion et de forme jauge, ou à une transformation permise* $K^{(3)}$ *des coordonnées, ou bien à toutes les deux, reste invariant à une transformation fractionnaire linéaire non singulière près.*

Le long de chaque géodésique posons

$$x^0 = -\frac{1}{2M}\log\frac{ds}{d\pi},$$

et appelons cette variable numérique la *variable jauge*. Soit B_1 un espace nouveau de Banach des couples $X = (x, x^0)$, dont x est un élément de B et x^0 est une variable jauge ([3]).

La fonction

$$\Pi(X, Y, Z) = [\Gamma(x, y, z) + Mz^0y + My^0z, \Gamma^0(x, y, z) + My^0z^0]$$

est une composante, rapportée à la représentation X dans l'espace B_1, d'un être géométrique que nous appellerons *connexion projective*.

Théorème II. — *La connexion projective* $\Pi(X, Y, Z)$ *jouit des propriétés suivantes : 1° elle est symétrique et bilinéaire par rapport aux variables* Y *et* Z; *2° elle ne dépend pas de* x^0; 3° $\Pi[X, Y, (0, z^0)] = Mz^0Y$;

4° $$\Pi[X, (y, 0), (z, 0)] = [\Gamma(x, y, z), \Gamma^0(x, y, z)].$$

Il est maintenant possible d'obtenir l'équation différentielle

$$\frac{d^2X}{d\pi^2} + \Pi\left(X, \frac{dX}{d\pi}, \frac{dX}{d\pi}\right) = 0$$

au paramètre projectif normal π représentant le même système de géodésiques que (3).

Théorème III. — *Si* Ξ_1 *et* Ξ_2 *sont des v. c., la connexion projective* $\Pi(X, \Xi_1, \Xi_2)$ *subit une transformation selon la loi de transformation d'une composante de connexion linéaire lorsqu'on passe d'une représentation* X *à une autre représentation* $\overline{X}$ *au moyen de* $\overline{X} = [\overline{x}(x), x^0 + \log\rho(x)]$.

PHYSIQUE. — *Étude de photocompteurs dans l'ultraviolet.* Note ([1]) de MM. Alexandre Dauvillier et Etienne Vassy, présentée par M. Ernest Esclangon.

Dans le but de résoudre divers problèmes d'ordre géophysique, nous avons cherché à établir des photocompteurs reproductibles, stables, sensibles et offrant des paliers de comptage étendus. Les éléments constituant leurs cathodes ont été choisis faiblement électro-positifs et dans trois familles chimiques distinctes. Ce sont Cu, Ag, Au; Ni, Mo, Pt et C. Sept compteurs ont été construits identiques : ils sont constitués par un court tube cylindrique en silice prolongé aux deux bouts par un raccord

---

([1]) Séance du 16 août 1939.

silice-pyrex muni de traversées en tungstène. La cathode est constituée par une feuille hémicylindrique de l'élément étudié, complétée par un demi-cylindre en toile métallique de même nature servant de fenêtre. La cathode de carbone a été réalisée par peinture à l'aquadag d'une structure métallique. L'anode axiale est un fil de platine ou de tungstène de 1/20e de millimètre de diamètre, tendu par des ressorts contenus dans des tubes de garde, et pouvant être porté à l'incandescence pendant l'évacuation. Un second type de compteur (Pt II), constitué par une petite cloche en silice terminée par un raccord silice-pyrex a été établi. La cathode semi-transparente est obtenue par pulvérisation cathodique d'un fil axial (Pt) de $0^{mm},3$ de diamètre servant d'anode. Après étuvage et dégazage dans un vide élevé, les cathodes de ces tubes ont été soumises à des traitements thermiques ou électriques variés en présence d'hydrogène ou d'oxygène, puis remplis d'hydrogène [2], de gaz rares ou d'un mélange hydrogène-gaz rare (Cosyns) et scellés. Leur seuil d'amorçage est voisin de 800 volts. Tous possèdent un palier de comptage étendu, variant de 100 à 200 volts, et leur fréquence d'obscurité, due aux rayons cosmiques et à la radioactivité parasite, a la valeur normale de 3 à 4 coups par minute et par centimètre carré de section. Plusieurs d'entre eux n'ont montré aucune variation de ces caractéristiques après un fonctionnement de plusieurs centaines d'heures dans l'obscurité ou à la lumière.

La sensibilité spectrale de ces tubes a été déterminée en les irradiant au moyen d'un rayonnement monochromatique isolé par un monochromateur double de Halle-Müller, dans le spectre continu ultraviolet fourni par un tube à hydrogène. La limite commune trouvée (vers 2100 Å) semble attribuable, au moins partiellement, à l'absorption exercée par l'importante épaisseur de quartz traversée. Ce point sera précisé au moyen d'un monochromateur à optique de fluorine.

Toutes les courbes relevées ont une forme en cloche, très simple, avec une largeur variable. En outre, toutes montrent la présence d'un maximum secondaire à 2300 Å, parfois très faible, quelquefois presque aussi important que le maximum principal, dont la nature n'a pu encore être élucidée.

Les résultats de cette étude sont réunis dans le Tableau ci-après. D'une

---

(2) L'hydrogène commercial a été utilisé tel quel, ou purifié par l'amiante platinée, ou par osmose à travers un tube de palladium chauffé par un petit four électrique. Les gaz rares ont été utilisés bruts ou purifiés par le calcium chauffé. Ils doivent contenir une trace d'un gaz électronégatif.

façon générale, l'hydruration de la cathode, par chauffage à 300° C. dans H^2 ou bombardement d'ions H^+, déplace la courbe de sensibilité vers les grandes longueurs d'onde, parfois jusqu'au voisinage du visible, dans le cas des éléments les plus électro-positifs (Cu). Les compteurs hydrurés ont pu tout aussi bien être remplis d'hydrogène que d'un gaz rare.

Élément.	Traitement cathodique.	Gaz.	Domaine de sensibilité spectrale (en Å). Limite inférieure.	Maximum.	Limite supérieure.
Cu	2 h. à 300° C, vide élevé	Kr ([a]), $p = 10^{cm}$ Hg	2100	2900	3250
	Id.	Kr, $p = 4^{cm} + H^2$, $p = 2^{cm}$	2100	2600	2800
	2 h. à 300° C dans H^2	H^2, $p = 8^{cm}$	2000	2800	3500
Ag	2 h. à 300° C dans O^2	Kr, $p = 7^{cm}$	2100	2200	2400
	2 h. à 300° C dans H^2, puis hydruré par décharge	Kr, $p = 7^{cm}$	2150	2600	2800
Au	2 h. à 300° C dans O^2	Kr, $p = 7^{cm},5$	2100	2250	2500
C	2 h. à 300° C, vide élevé	Kr, $p = 10^{cm}$	2100	2950	3300
	Id.	Kr, $p = 4^{cm} + H^2$, $p = 2^{cm}$	2100	2600	3000
	2 h. à 300° C dans O^2	Kr, $p = 7^{cm}$	2150	2300	2600
Ni	2 h. à 300° C, vide élevé	Ne, $p = 1^{cm},5 + H^2$, $p = 0^{cm},5$	2200	2650	3100
	Id.	Id.	2100	2600	3000
	2 h. à 300° C dans O^2	Kr, $p = 7^{cm}$	2100	2200	2700
Mo	2 h. à 300° C, vide élevé	H^2, $p = 6^{cm}$	2100	2250	2500
Pt I	2 h. à 300° C dans O^2	Kr, $p = 7^{cm},5$	2150	2300	2700
Pt II	2 h. à 300° C dans H^2	H^2, $p = 8^{cm}$	2100	2600	3000

([a]) Offert par M. G. Claude : Kr, 93,1 %; X, 5,5 %; N^2, 1,3 %; O^2, 0,1 %.

Dans le but d'obtenir des cathodes très sélectives, uniquement sensibles à l'extrême ultraviolet, nous avons exagéré le caractère électro-négatif de l'élément cathodique par traitement thermique dans l'oxygène. Ces compteurs ont été remplis de gaz rare contenant 1/1000e d'oxygène. Nous avons ainsi obtenu des tubes (C, Mo, Au, etc.) uniquement sensibles dans un domaine spectral étroit (200-400 Å). De tels compteurs constituent des détecteurs extrêmement sensibles de flammes nues ([3]).

([3]) La sensibilité absolue de ces appareils est très variable et n'a pas encore été déterminée quantitativement. Disons toutefois que le rayonnement ultraviolet émis par une surface de 1^{cm^2} de phosphore s'oxydant à l'air humide provoque une réponse intense de plusieurs d'entre eux.

Tous ces tubes décèlent aisément l'ultraviolet solaire du ciel diurne. Le compteur Cu, le plus sensible, décèle une radiation ultraviolette dans le ciel nocturne.

Ainsi, contrairement à une opinion courante, il semble donc qu'il soit possible d'établir d'excellents photocompteurs ayant la stabilité et la fidélité des compteurs utilisés dans le domaine des radiations pénétrantes.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Sur l'étude radiographique de l'évolution des ciments.* Note (1) de Mlle **Edith Couillaud**, présentée par M. Albert Caquot.

J'ai entrepris une étude systématique de l'influence de la température sur la résistance à la compression d'éprouvettes de liants hydrauliques. Les éprouvettes (cubes de mortier au 1/3, de 5^{cm} d'arête) étaient fabriquées mécaniquement suivant la technique que j'ai présentée précédemment (2). Après des séjours à 18° (de quelques heures à 45 jours), elles étaient soumises à des températures de 0°,5, 45° et 70°C pendant des temps qui ont varié de quelques heures à 90 jours; les résultats obtenus seront donnés ultérieurement.

Quatre types de liants ont ainsi été étudiés : un Portland artificiel, une Chaux, un Ciment de laitier et un Ciment alumineux (Fondu Lafarge). De la poudre provenant des débris des éprouvettes, j'ai éliminé le sable par tamisage et soumis le résidu à l'analyse aux rayons X suivant la méthode de Debye-Scherrer.

Le dépouillement de nombreux radiogrammes a conduit aux conclusions suivantes :

1° Tous les clinkers étudiés sont cristallisés.

2° Lors du durcissement des éprouvettes, on constate, sauf dans le cas du *fondu*, la présence de raies différentes de celles du clinker. Il y a donc modification de la composition minéralogique et formation d'autres cristaux.

3° Pour les trois premiers liants indiqués, la vitesse de formation des

---

(1) Séance du 16 août 1939.

(2) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 985.

nouveaux cristaux varie dans le même sens que la température. Mais, après 3 ou 7 jours, suivant le liant, cette action cesse de se faire sentir et tous les radiogrammes deviennent identiques aux différentes températures. Ils n'accusent plus que de légères modifications en fonction du temps. Il semble donc que la cristallisation, une fois amorcée, se poursuive. L'accroissement de résistance mécanique, avec le temps et sous l'influence de la chaleur, serait simplement due à une augmentation du nombre ou de la taille des cristaux, ou à une modification de leur enchevêtrement ou de leurs positions relatives.

4° Pour le *fondu Lafarge :*

a. Les éprouvettes soumises aux températures de 0°,5 et de 18° donnent des radiogrammes identiques correspondant au même comportement au point de vue de la résistance à la compression. A 5 heures d'âge les éprouvettes donnent des radiogrammes identiques à ceux du clinker. Après 8 heures on constate la disparition de certaines raies et l'apparition de nombreux petits traits plus ou moins groupés, dus à la présence de grains de sable mélangés au ciment. Il a été impossible, dans le seul cas du ciment fondu traité à froid, de séparer le sable du ciment, sans doute en raison de la rupture extrêmement brutale de ces éprouvettes qui pulvérise à la fois le liant et le sable. En confrontant ces radiogrammes avec celui du sable siliceux utilisé (Leucate), on constate qu'il ne reste pour le liant que quelques raies du clinker qui semblent s'estomper à 45 et 90 jours.

Des radiogrammes de la poudre de ciment fondu extraite d'éprouvette de pâte pure conservée à l'air ou à l'eau de pluie à 18° ont présenté, après 24 heures, 5 jours, et 16 jours, le même aspect que celui des éprouvettes de mortier, défalcation faite des raies dues au sable.

Tout se passe donc comme si les composés cristallisés jouaient un rôle purement passif, lors du durcissement à 0°,5 ou à 18°.

De plus, quel que soit le mode de conservation des éprouvettes, air humide pendant 24 heures, eau de pluie ou eau saturée de chaux, on obtient les mêmes radiogrammes, tout au moins dans des délais de 28 jours. Il est probable que ce résultat subsiste par la suite, puisque les radiogrammes des éprouvettes conservées dans l'eau de chaux ne se modifient guère entre 28 et 90 jours.

b. Après un séjour de 3 heures seulement dans de l'eau à 70°C, les radiogrammes d'éprouvettes ayant 8 heures d'âge montrent une modification complète. On constate la présence de raies très nettes et l'absence

des petits traits signalés à froid et dus au sable. Quels que soient leur âge et la nature de l'eau de conservation, les éprouvettes traitées à 45° ou à 70° donnent des radiogrammes identiques à ceux obtenus à 8 heures d'âge.

Il y a donc changement de constitution minéralogique en même temps que baisse notable de la résistance mécanique sous l'action de la chaleur.

M. Lafuma ayant émis l'hypothèse que l'affaiblissement de la résistance des bétons de fondu sous l'action de la chaleur devait être dû à la formation de l'aluminate hydraté cubique $Al^2O^3 3CaO 6H^2O$, j'ai, sur ses indications, fabriqué ce produit suivant la méthode indiquée ci-dessous, pour en prendre le radiogramme :

Après agitation pendant une heure de 20^g de ciment fondu dans un litre d'eau distillée, 685$^{cm^3}$ de la solution filtrée ont été mélangés à 1370$^{cm^3}$ d'eau de chaux saturée. Après un repos, la moitié des eaux mères ayant été décantée et remplacée par de l'eau de chaux, le mélange précipité-liqueur a été chauffé pendant 3 heures entre 90° et 100°C.

Dans le radiogramme de la poudre extraite des éprouvettes de mortier de ciment fondu traité à chaud, on retrouve toutes les raies de l'aluminate plus deux raies supplémentaires provenant sans doute d'un autre constituant. En effet, des radiogrammes de pâte pure maintenue à 70° pendant 3 heures après un durcissement de 16 heures à 18° sont absolument identiques et comportent également les deux raies supplémentaires.

L'hypothèse émise par M. Lafuma semble donc être confirmée.

GÉOLOGIE. — *Sur la récente découverte d'un important gisement d'hydrocarbures dans les Petites-Pyrénées au nord de Saint-Gaudens.* Note (1) de MM. **Léon Bertrand** et **Louis Barrabé**.

La découverte récente d'un gisement important d'hydrocarbures au nord de Saint-Gaudens, par un forage situé sur l'anticlinal de Saint-Marcet, entre le village de ce nom et ceux d'Aulon et de Latoue, au lieu-dit Pinat, est la confirmation éclatante de prévisions que nous avions émises dès 1925, avec la collaboration du regretté Pierre Viennot, à la suite d'une étude précise de la structure géologique des Petites-Pyrénées de la Haute-Garonne, en un rapport détaillé, resté inédit, mais ayant alors servi de base à la demande officielle de permis de recherches pour le

(1) Séance du 16 août 1939.

pétrole en cette région. Pour des raisons qu'il ne nous paraît pas utile d'indiquer ici, cette prise de permis n'a pas été suivie de l'exécution des recherches par forages qui avaient été envisagées comme devant trancher la question de l'existence, considérée par nous comme très probable, de gisements d'hydrocarbures dans le sous-sol de la région. Malgré des instances répétées de notre part (notre collègue Pierre Viennot ayant disparu prématurément entre temps) auprès de divers organismes pouvant s'intéresser à cette question, aucun travail de recherche n'avait été entrepris jusqu'au Congrès Mondial du Pétrole tenu à Paris en Juin 1937.

Aussi avions-nous jugé nécessaire d'informer ce Congrès de cette question par une Communication *sur l'existence, le long du bord septentrional des Pyrénées, d'une avant-fosse de chaîne plissée telle que celles qui ont donné naissance à de nombreux gîtes pétrolifères classiques*, dont nous croyons devoir reproduire ici le simple résumé imprimé, dans le *Compte rendu du Congrès*, en tête de notre Communication.

La zone de bordure septentrionale des Pyrénées présente, dans sa partie centrale et occidentale, par la nature et l'épaisseur des sédiments qui s'y sont déposés au cours du Crétacé supérieur, un véritable caractère d'avant-fosse de chaîne plissée, après la phase orogénique antécénomanienne qui a entraîné l'émersion d'une grande partie de la chaîne.

Le Crétacé supérieur est, en effet, représenté à l'Ouest par plus de 1000^{m} de flysch, gréseux à la base, puis calcaire, enfin marneux au sommet. Dans la région des Petites-Pyrénées de Saint-Gaudens, cette série semble se poursuivre, dans la mesure où l'érosion, moins profonde, permet de s'en rendre compte. Enfin, plus à l'Est encore, au delà de Foix, le forage de Lavelanet a traversé sur 1250^{m} un complexe de marnes noires et de grès blancs micacés dont l'âge n'a pu être déterminé avec certitude, mais que certains caractères permettent de rattacher au Crétacé supérieur.

Au cours des phases orogéniques tertiaires (Éocène moyen à Oligocène), des plissements très importants ont affecté le remplissage de cette fosse. Dans l'Ouest, à côté de plis réguliers fortement érodés, se rencontrent des accidents aberrants, dus à des intrusions de Keuper. Dans le Centre, au nord des accidents triasiques qui bordent souvent les Pyrénées, seuls s'observent de vastes anticlinaux constituant les Petites-Pyrénées.

Les indices pétrolifères sont abondants dans la partie occidentale de cette avant-fosse plissée; ils y sont localisés dans les anticlinaux à axe de Crétacé inférieur et au voisinage des accidents triasiques, mais aucun gisement de pétrole n'a été découvert par les nombreux sondages effectués dans cette région. Près de l'extrémité orientale de la fosse nord-pyrénéenne, le sondage de Lavelanet n'a pas rencontré d'indices certains, en dehors de venues de gaz combustibles qui ne sont pas nécessairement associés à des gîtes pétrolifères. Les conditions géologiques

locales permettent d'expliquer ces échecs aux deux extrémités de l'avant-fosse. Par contre, la région centrale, qui n'a pas encore été prospectée par forage, est plus proche des indices que la région orientale et moins disloquée et érodée que la région occidentale. Elle paraît donc, *a priori*, présenter les meilleures conditions pour la recherche du pétrole.

Le Comité géologique de l'Office national des Combustibles liquides s'étant enfin rallié aux espoirs que nous avions émis, cet Office (aujourd'hui *Régie autonome des Pétroles*) a entrepris et poursuivi avec grand succès le forage qui vient d'aboutir à un résultat déjà très important et permettant de prévoir la rencontre très proche de pétrole au-dessous de l'énorme dégagement gazeux rencontré vers 1520^{m} de profondeur; celui-ci est, en effet, constitué, avec 82 % de méthane, par 17,5 % de termes plus élevés de cette série, dont certains condensables à l'état liquide. D'autre part, ce forage a confirmé la très grande épaisseur du Crétacé supérieur, quoique traversé un peu obliquement, et son caractère de dépôt géosynclinal d'une avant-fosse; il n'a pénétré qu'à 1430^{m} dans des calcaires et conglomérats du Cénomanien, sous une série monotone de marnes avec minces bancs gréseux, à laquelle il convient d'ajouter une épaisseur d'environ 200^{m} enlevée par l'érosion en son sommet, sans parler du Maëstrichtien et des couches terminales du Crétacé.

La séance est levée à 15^{h}30^{m}.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE JUILLET 1939.

Dictionnaire de chimie théorique et industrielle, publié sous la direction de M. CLÉMENT DUVAL. Tome I. Fascicule I. Paris, Librairie des Sciences et des Arts, 1939; 1 fasc. 28cm,5.

Bulletin de la Société française de philosophie. Malebranche. Paris, Librairie Armand Colin, 1938; 1 fasc. 25cm.

Mémorial des sciences physiques. Fascicule XL. *La convection forcée de la chaleur en régime d'écoulement laminaire,* par GUSTAVE RIBAUD. Paris, Gauthier-Villars, 1939; 1 fasc. 25cm,5 (présenté par M. E. Jouguet).

R. Instituto veneto di scienze lettere e arti. Collano di Bibliografie minori. Vol. I. *Le relazioni a Stampa di Ambasciatori Veneti,* par FRANCESCA ANTONIBON. Padova, Tipografia del Seminario di Padova, 1939-XVII; 1 vol. 24cm.

Bibliography of the Larvae of Decapod Crustacea, par ROBERT GURNEY. Extrait de *Ray Society.* London, Bernard Quaritch, 1939; 1 vol. 22cm,5.

The Comity of Spiders, par WILLIAM SYER BRISTOWE. Extrait de *Ray Society.* Vol. I, London, Bernard Quaritch, 1939; 1 vol. 22cm,5.

Les «pièges» de la chirurgie en diagnostic et thérapeutique. Erreurs et fautes ou faits présumés tels. Conditions et limites de la responsabilité, par ÉMILE FORGUE et A. AIMES. Paris, Masson et Cie, 1939; 1 vol. 25cm.

Carte générale bathymétrique des océans, publiée par le Bureau hydrographique international, n° 30. Fascicule B_{IV}. Monaco, 1939; 1 fasc. 27cm,5 et une carte 108cm × 72cm,5.

Service hydrographique de la Marine, n° 13-626. *Recherches hydrographiques sur le régime des côtes.* Vingt-sixième cahier. Paris, Imprimerie nationale, 1938; 1 vol. 28cm,5.

Service hydrographique de la Marine, n° 11-34. *Liste des signaux distinctifs et indicatifs internationaux de stations françaises (navires, stations terrestres).* Paris, Imprimerie nationale, 1939; 1 vol. 23cm.

Service hydrographique de la Marine, n° 7-S. 4. *Quatrième supplément au catalogue des cartes, plans et ouvrages qui composent l'hydrographie française.* Paris, Imprimerie nationale, 1939; 1 fasc. 23cm.

Service hydrographique de la Marine. *Radiosignaux.* Vol. I. Paris, Imprimerie nationale, 1939; 1 fasc. 23cm.

Service hydrographique de la Marine. *Fascicule des corrections apportées au livre des Radiosignaux* (deuxième et troisième volume). Fasc. 2 A et 2 B; 2 fasc. 23cm.

Service hydrographique de la Marine, n° 203. *Phares et signaux de brume*. Série B. *Mer du Nord;* n° 204, Série H_1. *Océan atlantique ouest;* n° 205, Série L. *Océan indien et Mer rouge*. Paris, Imprimerie nationale, 1939; 3 vol. 23cm.

Service hydrographique de la Marine. *Fascicule des corrections apportées au livre des phares*. Nos 200-H_2; 201-C; 202-E; 256-J; 257-K; 258-D; 259-A; 7 fasc. 23cm.

Service hydrographique de la Marine, n° 398. *Instructions nautiques. Côte sud d'Australie;* n° 399, *Grand archipel d'Asie* (vol. II. Partie septentrionale). Paris, Imprimerie nationale, 1938; 2 vol. 23cm.

Service hydrographique de la Marine. *Fascicule des corrections apportées aux Instructions nautiques*. Nos 329; 339; 341; 345 à 349; 352 à 363; 365 à 395; 51 fasc. 23cm.

Service hydrographique de la Marine. *Estuaire du Cameroun. — Iles du Salut. — Rivière de Sinnamary. — Bancs et récifs dans la Mer de Chine méridionale. — Port de Santos. — Océan Pacifique sud. Hôts dans l'Archipel des Tuamotu. — Nouvelle Calédonie. Abords de Paagoumene. — Ile Rachgoun. Embouchure de la Tafna. — Mouillages à la côte orientale d'Arabie. — Mouillages à la côte ouest de la Nouvelle Calédonie. — Baie du Parseval et Port Bayard. — Grand archipel d'Asie. Célèbes. Ports et mouillages aux côtes ouest et sud, et mouillages à la côte ouest;* 13 cartes, 74cm,5 × 52cm,5.

Service hydrographique de la Marine. *Entrée de la rivière Sierra Leone. — Abords de Carthagène. — Rivières débouchant dans l'Estuaire de Saint Jacques. — Côte de Norvège. De Tysfiord à Andöy. — Côte de Norvège, de Dönna à Flugö Fiord;* 5 cartes, 104cm,5 × 74cm,5.

Notes sur des plantes médicinales et alimentaires du Congo belge (*missions du « Foréami »*), par É. DE WILDEMAN avec la collaboration de MM. TROLLI, DRICOT, TESSITORE et MORTIAUX, in *Institut Royal Colonial belge. Section des Sciences naturelles et médicales. Mémoires*. Collection in 8°. Tome IX, fasc. 3. Bruxelles, Librairie Falk fils, Georges Van Campenhout successeur, 1939; 1 vol. 25cm.

Observations sur les granulations colloïdales de la cellule cancéreuse, par GUSTAVE RAPPIN. Nantes, Imprimerie de Bretagne, 1939; 1 vol. 24cm,4.

Académie de Paris. Lycée Marcelin Berthelot. *Distribution solennelle des prix le mercredi* 12 *juillet* 1939 *à* 9 *heures sous la présidence de M. Auguste Marin assisté de M. Rimay et de M. Larue-Dubost*. Cahors, imprimerie A. Coueslant, 1939; 1 brochure 24cm.

Les Guêpes, par LUCIEN BERLAND. Paris, éditions Stock, 1939; 1 vol. 19cm.

L'Afrine. Étude hydrologique, par S. MAZLOUM. Paris, Revue de géographie physique et de géologie dynamique, 1939; 1 vol. 26cm (présenté par M. G. Perrier).

Academia das Ciências de Lisboa. *Anuário académico de* 1939. Lisboa. Academia das Ciências, 1939; 1 vol. 19cm.

Academia das Ciências de Lisboa. Biblioteca de altos estudos. *Novas considerações sôbre o paralelismo de curvas e superfícies*, por PEDRO JOSÉ DA CUNHA. Lisboa, 1938; 1 vol. 19cm,3.

Memórias da Academia das Ciências de Lisboa. Classe de ciências (continuação das colecções de trabalhos que interessam à primeira classe), Tomo I. Lisboa, Academia das Ciências, 1937; 1 vol. $25^{cm},5$.

Diários da Navegação da Carreira da India nos anos de 1595, 1596, 1597, 1600 *e* 1603. Manuscrito da Academia das Ciências de Lisboa publicado por ordem da mesma Academia sob a direcção de QUIRINO DA FONSECA. Lisboa, Academia das Ciências de Lisboa, 1938; 1 vol. 29^{cm}.

Congreso Internacional de Enseñanza Technica y Comercial, por la Dra. AURORA GARCIA DE RODRIGUEZ. La Habana, Cultural, S. A., 1939; 1 vol. $20^{cm},5$.

Tables pour le calcul à la machine des logarithmes à 13 *décimales suivies de deux tables auxiliaires destinées à faciliter les calculs des mathématiques financières pour* 3350 *taux d'intérêt,* par FRÉDÉRIC DEPREZ. Berne, Éditions A. Francke, S.A., 1939; 1 vol. 25^{cm}.

Memorias del Primer Congreso Internacional de Plasmogenia y Cultura General, Especialmente Mexicana, Julio 15-30 de 1938, recopiladas por A. L. HERRERA. Mexico, Editoral Ramirez Alonso, 1939; 1 vol. 22^{cm}.

Ce qu'il faut savoir des plantes des montagnes, par P. DU MANOIR, in *Savoir en histoire naturelle,* volume V. Paris, Paul Lechevalier, 1939; 1 vol. $18^{cm},5$ (présenté par M. A. Chevalier).

Ce qu'il faut savoir pour manger les bons champignons, par G. PORTEVIN. *Précis de Mycophagie,* in *Savoir en histoire naturelle,* volume VI. Paris, Paul Lechevalier, 1939; 1 vol. $18^{cm},5$ (présenté par M. A. Chevalier).

ERRATA.

(Séance du 10 juillet 1939.)

Note de M. *Georges Liandrat,* Sur deux exemples remarquables de non-additivité des effets photoélectriques de flux lumineux simultanés, page 101.

Cette Note, réimprimée par erreur, avait déjà paru dans les *Comptes rendus* du 27 décembre 1938, page 1396.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 AOUT 1939.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE BÉHAL.

MEMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

VOLCANOLOGIE. — *Sur la production de basalte et d'océanite au cours d'une éruption du volcan actif (Piton de la Fournaise) de l'île de la Réunion* (7 décembre 1938-11 janvier 1939). Note (¹) de M. ALFRED LACROIX.

Certains volcans, alimentés par un magma basaltique, ont fourni, comme lave principale, du *basalte* contenant plus ou moins d'olivine et aussi ces types mélanocrates, riches en olivine que sont les *océanites*. A ce point de vue, on peut citer notamment les îles volcaniques océaniques du Pacifique (Iles de la Société, Marquises, Gambier, Hawaï, Juan Fernandez, etc.).

A l'exception de ceux d'Hawaï, ces volcans ne sont plus en activité, de telle sorte que les relations mutuelles de venue au jour de leurs deux types lithologiques restent indéterminées (²).

Le volcan actif de l'île de la Réunion, le Piton de la Fournaise, constitue une exception remarquable méritant d'être étudiée en détail, à cause des conclusions théoriques que l'on peut en tirer.

L'examen des coulées actuellement visibles fait voir que, si les basaltes normaux prédominent comme ailleurs, les épanchements d'océanite, alternant avec eux, sont loin d'être des exceptions; mais jusqu'ici les obser-

---

(¹) Séance du 16 août 1939.

(²) Il en est de même pour les trois exemples de coulées datées d'océanite à Hawaï [1840 coulée de Nanavale (Kilauea), 1852 et 1868 (Mauna Loa)].

vations directes sur leur mise en place manquaient presque complètement. En 1911, lors de mon exploration de ce volcan, j'ai bien cherché à recueillir quelques données sur leur passé, en remontant sur ces coulées depuis le bord de la mer jusqu'au sommet du Piton (2635^m), mais les indications fournies sur leur âge par ceux qui m'accompagnaient ne présentaient pas un caractère de certitude suffisant pour une discussion sérieuse. J'ai pu cependant confirmer l'exactitude de certaines d'entre elles en comparant les laves considérées à des échantillons datés, conservés dans le Musée de Saint-Denis et au Muséum national d'histoire naturelle et qui y avaient été déposés à l'époque de leur épanchement.

Je me suis demandé si ces divers types de laves ont été toujours fournis par des éruptions distinctes ou bien si une même éruption a donné l'un et l'autre. Il n'est pas douteux que la plus grande partie des éruptions ont été caractérisées par un seul de ces types, tel a été le cas du grand paroxysme de 1931, auquel sont dues de longues coulées d'océanite, alors que nombreuses sont les éruptions, grandes ou petites, où n'a été constaté que du basalte pauvre en olivine. J'ai eu l'*impression*, que dans l'enchevêtrement des coulées des Grandes Pentes se trouvent des coulées de composition mixte ([3]), l'océanite paraissant constituer de grandes traînées (Schlieren) au milieu du basalte; mais la rapidité de mon exploration et ses difficultés, le vague des renseignements recueillis sur l'âge probable de ces laves, ne m'avaient pas donné, là encore, une certitude suffisante pour me permettre d'insister sur cette question.

L'activité manifestée du 7 décembre 1938 au 11 janvier 1939 a apporté de la clarté sur ce sujet.

L'administration locale ayant pris la décision, que je recommandais depuis si longtemps, d'organiser une observation permanente du volcan, M. Maurice Jean, qui en a été chargé, a bien voulu se prêter, mais seulement à la fin de l'éruption, à une récolte systématique d'échantillons de lave correspondant aux principales phases de l'éruption; elles peuvent être résumées de la façon suivante d'après ses observations.

Le 7 décembre, une grande fente s'est ouverte sur le flanc Sud-Est du Piton de la

---

([3]) *Comptes rendus*, **154**, 1912, p. 169 et 251; **155**, 1912, p. 538. *Le volcan actif de la Réunion et ses produits*, 1936, p. 184.

Des détails plus complets accompagnés de photographies sont donnés dans le *Bulletin volcanologique*, Napoli (2) **4**, 1939, p. 3-17, 14 pl.

Fournaise, à environ 1^km du Cratère Nouveau. Des projections stromboliennes ont édifié un petit cône égueulé du côté Sud-Est. Par cette échancrure se sont épanchées des coulées à surface en échaudés (16 décembre et 6 janvier). D'autres, plus nombreuses, constituées par l'océanite, sont parties (7, 15, 20 et 25 décembre) de la base du cône, ayant de 45 à 50^m de hauteur; certaines d'entres elles se sont insinuées sous le basalte précédent. Par places, plusieurs de ces coulées se sont superposées et sont descendues sur les Grandes Pentes.

Cette phase d'épanchement a été suivie d'une autre, d'un caractère différent. Le 9 janvier, de violentes explosions accompagnées de formidables détonations eurent lieu dans le cratère du cône, rejetant d'abord de gros blocs de lave, puis de petites ponces basaltiques friables et très légères, accompagnées de fils d'obsidienne capillaire [cheveux de Pélé (4)]; ces derniers, associés à une poussière de ponce, furent entraînés par le vent sur toute l'île. La partie la plus élevée de la fissure fut ensuite le siège d'explosions stromboliennes qui projetèrent une grande quantité de scories. Enfin, le 11 janvier, le cratère fournit des jaillissements hawaïens de lave de faible hauteur. Ils s'arrêtèrent brusquement et le phénomène se termina par l'épanchement d'une petite coulée, localisée sur le sommet de la montagne.

Il faut noter qu'au cours de cette éruption, le cratère terminal du volcan de la Fournaise était resté inactif.

Je ne possède encore que des échantillons de certains des stades de cette éruption, mais ils suffisent déjà à démontrer qu'ils appartiennent, suivant les cas indiqués ci-dessous, soit au basalte très pauvre en olivine, soit à l'océanite.

Les analyses, effectuées par M. Raoult, donnent leur composition chimique et leur interprétation au point de vue virtuel. J'y joins l'analyse du basalte de la coulée d'une éruption de l'année précédente (1937), qui servira à une discussion ultérieure.

Basaltes labradoriques.

1. Coulée épanchée dans le cratère éteint Bory, 12 août 1937.	III. 5.4.4 ['2.1.2.3]
2. Coulée épanchée par le cratère du cône, décembre 1938....	III. 5.4.4 ['2.1.2.'3]

Basalte voisin de l'océanite.

3. Ponce basaltique du 6 janvier 1939........................	III'. 5.4.4 [1(2).3.(1)(2).2]

Océanites.

4. Surface boursoufflée d'un graton d'océanite, décembre 1938.	IV. 5.4.4 [(1)2.3'.1(2).2]
5. Partie centrale d'un graton, décembre 1938................	IV. 5.4.4 [1(2).3.1'.2]
6. Boule d'océanite accompagnant le graton précédent.......	IV. 5.4.(3)4 ['2.3.1'.(1)2]

(4) M. Jean a recueilli de ces fils d'obsidienne mesurant 0^m,62; ceux de 0^m,25 et 0^m,20 n'étaient pas rares.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
SiO^2....	49,86	49,64	45,84	44,56	45,20	44,42
Al^2O^3...	14,08	14,21	12,26	8,90	8,62	7,72
Fe^2O^3...	1,09	1,93	0,79	3,86	2,04	6,44
FeO....	10,63	9,18	11,32	9,18	11,02	7,25
MnO....	0,11	0,12	0,15	0,14	0,15	0,12
MgO....	6,11	7,01	15,21	21,58	22,28	24,41
CaO....	11,78	11,88	9,34	7,60	7,42	6,44
Na^2O...	2,02	2,05	1,41	1,29	0,89	0,80
K^2O....	0,83	0,80	0,74	0,55	0,53	0,66
TiO^2....	3,54	3,30	2,40	2,22	2,08	1,66
P^2O^5....	0,07	tr.	0,10	tr.	tr.	tr.
H^2O^+...	0,15	0,08	0,28	0,24	tr.	0,31
H^2O^-...	tr.	0,13	0,22	0,11	0,19	0,06
	100,27	100,33	100,06	100,23	100,42	100,29
SiO^2 libre.	1,74	0,84	–	–	–	–
Or......	5,00	5,00	4,45	2,78	2,78	3,89
Ab......	16,77	17,29	12,05	11,00	7,86	6,81
An.f....	26,97	26,97	25,02	16,96	17,79	15,29
$CaSiO^3$..	12,88	13,46	8,58	8,70	7,89	6,96
$MgSiO^3$.	15,30	17,50	10,80	14,30	16,70	23,40
$FeSiO^3$..	12,94	10,03	4,75	2,64	4,49	1,98
Mg^2SiO^4.	–	–	19,04 } 28,02	27,72 } 33,64	27,30 } 35,6	26,32 } 28,97
Fe^2SiO^4.	–	–	8,98	5,92	8,36	2,65
Ma.....	1,62	2,78	1,16	5,57	3,02	9,28
Ilm.....	6,69	6,23	4,56	4,26	3,95	3,19
Ap......	0,34	–	0,34	–	–	–
An %....	62	61	67	60	69	70
Σb.....	49,8	50,0	58,2	69,1	71,7	73,8

NOMINATIONS.

M. Pierre Lejay est désigné pour représenter la France, avec la délégation précédemment nommée, à la septième assemblée générale de l'*Union géodésique et géophysique internationale*, à Washington, en septembre 1939.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Léon Puzenat. *La Sidérurgie Armoricaine.*

M. le **Ministre de l'Éducation nationale** invite l'Académie à désigner dix de ses Membres qui feront partie de la *Commission des Inventions du Centre national de la recherche scientifique appliquée.*

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la suite des diamètres successifs d'un ensemble plan.* Note [1] de M. **Georges Calugaréano.**

On doit à M. Fekete [2] la définition des diamètres d_n attachés à un ensemble plan borné et fermé E. On pose

$$d_n^{n(n-1)} = \operatorname*{Max}_{(E)} |V(x_1, x_2, \ldots, x_n)|^2,$$

V étant le déterminant Vandermonde des points $x_1, x_2, \ldots, x_n$ qui appartiennent à E. La suite non croissante d_n possède une limite d, diamètre transfini de E, qui coïncide avec la constante de Robin, ou capacité de E. Nous nous sommes demandé si, cette suite d_n étant connue, l'ensemble E est ou non déterminé à un déplacement près. La réponse paraissant être négative, nous avons été conduit à compléter cette suite d_n et nous avons obtenu sans peine, par un raisonnement calqué sur celui de M. Fekete, une suite à double entrée $d_{n,p}$ de constantes attachées à E, qui ne sont pas affectées par un déplacement de E dans son plan et qui pourraient caractériser E à un déplacement près.

1. Considérons la fonction

$$v_{n,p}(x_1, x_2, \ldots, x_n) = \Pi\, \Delta_p x.$$

C'est le produit des différences $\Delta_p x$ formées avec $p+1$ points distincts de la suite $x_1, x_2, \ldots, x_n$, de toutes les manières possibles; on a ainsi $n(n-1)\ldots(n-p)$ facteurs linéaires, et pour $p=1$ on retrouve V^2. Posons

$$V_{n,p} = \operatorname*{Max}_{(E)} |v_{n,p}| = |v_{n,p}(\xi_1, \ldots, \xi_n)|, \qquad d_{n,p} = V_{n,p}^{\frac{1}{n(n-1)\ldots(n-p)}}.$$

Pour p fixe, la suite $d_{n,p}$ est non croissante. En effet, $\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_{n+1}$ étant des points de E pour lesquels $|v_{n+1,p}|$ touche son maximum sur E, on a

$$V_{n+1,p} = |v_{n+1,p}(\xi_1, \ldots, \xi_{n+1})| = |\Pi_q\, \Delta_p \xi| \cdot |v_{n,p}(\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_{q-1}, \xi_{q+1}, \ldots, \xi_{n+1})|,$$

Π_q étant le produit de toutes les $\Delta_p \xi$ qui contiennent ξ_q. Donc

$$V_{n+1,p} \leqq |\Pi_q\, \Delta_p \xi|\, V_{n,p}.$$

---

[1] Séance du 16 août 1939.

[2] *Mathem. Zeitschrift*, **17**, 1923, p. 228, et, pour la bibliographie de cette question, G. Polya et G. Szegö, *Journ. für reine u. angew. Math.*, **165**, 1931, p. 4.

On obtient en multipliant ces inégalités ($q = 1, 2, \ldots, n+1$)

$$V_{n+1,p}^{n+1} \leqq |\Pi_1 \Pi_2 \ldots \Pi_{n+1}| V_{n,p}^{n+1}.$$

Or

$$|\Pi_1 \Pi_2 \ldots \Pi_{n+1}| = |v_{n+1,p}(\xi_1, \ldots, \xi_{n+1})|^{p+1} = V_{n+1,p}^{p+1},$$
$$V_{n+1,p}^{n+1} \leqq V_{n+1,p}^{p+1} V_{n,p}^{n+1}, \qquad V_{n+1,p}^{n-p} \leqq V_{n,p}^{n+1}$$

et, en extrayant la racine d'ordre $(n+1)n(n-1)\ldots(n-p)$,

$$V_{n+1,p}^{\frac{1}{(n+1)n\ldots(n-p+1)}} \leqq V_{n,p}^{\frac{1}{n(n-1)\ldots(n-p)}}, \qquad d_{n+1,p} \leqq d_{n,p}$$

La suite $d_{n,p}$ est donc non croissante pour p fixe quelconque. Sa limite $d_{\infty,p} = \delta_p$ sera le diamètre transfini d'ordre p de E. On sait que δ_1 est le même pour E et pour son noyau parfait. On se demande s'il en est de même des δ_p, et si la suite des δ_p ne caractérise le noyau parfait de E à un déplacement près. Remarquons que tous ces $d_{n,p}$ ont les dimensions d'une longueur. La signification des δ_p du point de vue de la représentation conforme serait également à chercher. On généralise sans peine ces notions dans l'espace à 3 dimensions, en employant les vecteurs à la place des nombres complexes.

2. Soit $f(z)$ une fonction analytique uniforme régulière à l'infini. Son ensemble singulier S est borné et fermé. Construisons tous les cercles de rayon ρ ayant pour centres les points de S. Le domaine ainsi formé a pour frontière une courbe fermée, simple ou multiple, C_ρ, de longueur totale L_ρ. Considérons l'intégrale

$$A_{n,m}^{(p)} = \left(\frac{1}{2\pi i}\right)^n \iint \cdots \int_{C_\rho} f(x_1)\ldots f(x_n)\,[v_{n.p}(x_1, \ldots, x_n)]^m \,dx_1, \ldots, dx_n,$$

les n intégrations étant prises le long de C_ρ. On a

$$|A_{n,m}^{(p)}| \leqq \left(\frac{1}{2\pi}\right)^n M^n V_{n,p}^m(\rho) L_\rho^n, \qquad \overline{\lim_{m\to\infty}} |A_{n,m}^{(p)}|^{\frac{1}{m}} \leqq V_{n,p}(\rho),$$

$V_{n,p}(\rho)$ étant le Max $|v_{n,p}|$ pour $x_1, \ldots, x_n$ situés sur C_ρ. Mais ρ pouvant être pris aussi petit que l'on veut, et $V_{n,p}(\rho)$ étant une fonction continue de ρ, on peut y remplacer $V_{n,p}(\rho)$ par $V_{n,p}$, maximum relatif à E, donc

$$d_{n,p} \geqq \overline{\lim_{m\to\infty}} |A_{n,m}^{(p)}|^{\frac{1}{mn(n-1)\ldots(n-p)}}.$$

Les $A_{n,m}^{(p)}$ sont des invariants de prolongement [3] de $f(z)$, dont l'expres-

[3] Voir G. Calugaréano, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 888; *Mathematica*, 15, 1939, p. 61.

sion à l'aide des coefficients de Laurent λ_n de $f(z)$ s'obtient en développant $\varphi_{n,p}$ suivant les puissances des x_i et en appliquant

$$\lambda_n = \frac{1}{2\pi i}\int_C f(x)\, x^{n-1}\, dx.$$

On voit donc que ces invariants offrent des limitations inférieures des diamètres successifs $d_{n,p}$ de l'ensemble singulier S de $f(z)$. L'étude des cas où les inégalités indiquées peuvent être remplacées par des égalités est à faire.

MAGNÉTOOPTIQUE. — *Existence du dichroïsme magnétique rectiligne dans des liquides à larges bandes d'absorption.* Note de [1] M. **Maurice Schérer**, transmise par M. Aimé Cotton.

Suivant les suggestions de M. A. Cotton [2], j'ai repris, dans le champ magnétique de l'Électroaimant de l'Académie des Sciences, l'étude des bandes d'absorption larges afin d'y rechercher le dichroïsme rectiligne ou tout au moins les anomalies de dispersion qu'elles doivent théoriquement présenter. Le dichroïsme rectiligne n'avait été jusqu'à présent constaté que sur des raies d'absorption étroites nettement modifiées par le champ magnétique, mais il n'avait pu être décelé sur les larges bandes non résolues. J'ai pensé que dans les solutions salines possédant des bandes larges où j'avais montré l'existence d'un dichroïsme circulaire magnétique [3], il devait aussi exister corrélativement l'effet transversal correspondant. D'autre part, comme l'on sait que l'ion nitrate est doué d'une biréfringence magnétique notable, j'ai étudié tout d'abord une solution aqueuse de nitrate de cobalt de densité $d_{22°} = 1{,}08$.

Dispositif optique. — La source est un arc au charbon; on découpe dans son spectre des portions limitées à l'aide d'un monochromateur double à dispersions croisées (monochromateur à vision directe), suivi d'un monochromateur muni d'un prisme liquide à déviation constante de Pellin-Broca. Un large prisme de Glan polarise le faisceau lumineux à 45° des lignes de forces du champ magnétique. Dans l'entrefer se trouve placée une cuve, taillée dans un parallépipède de verre, de 55^{mm} de long et 10^{mm} de large, elle est fermée par des couvre-objets dénués de trempe. On forme une image du diaphragme de sortie du monochromateur sur le système de plages de l'analyseur. Ce dernier (monté par M. Rabinovitch) est constitué par un ensemble de lames quart d'onde et demi-onde formant un analyseur à 4 plages. Un compensateur

---

[1] Séance du 21 août 1939.

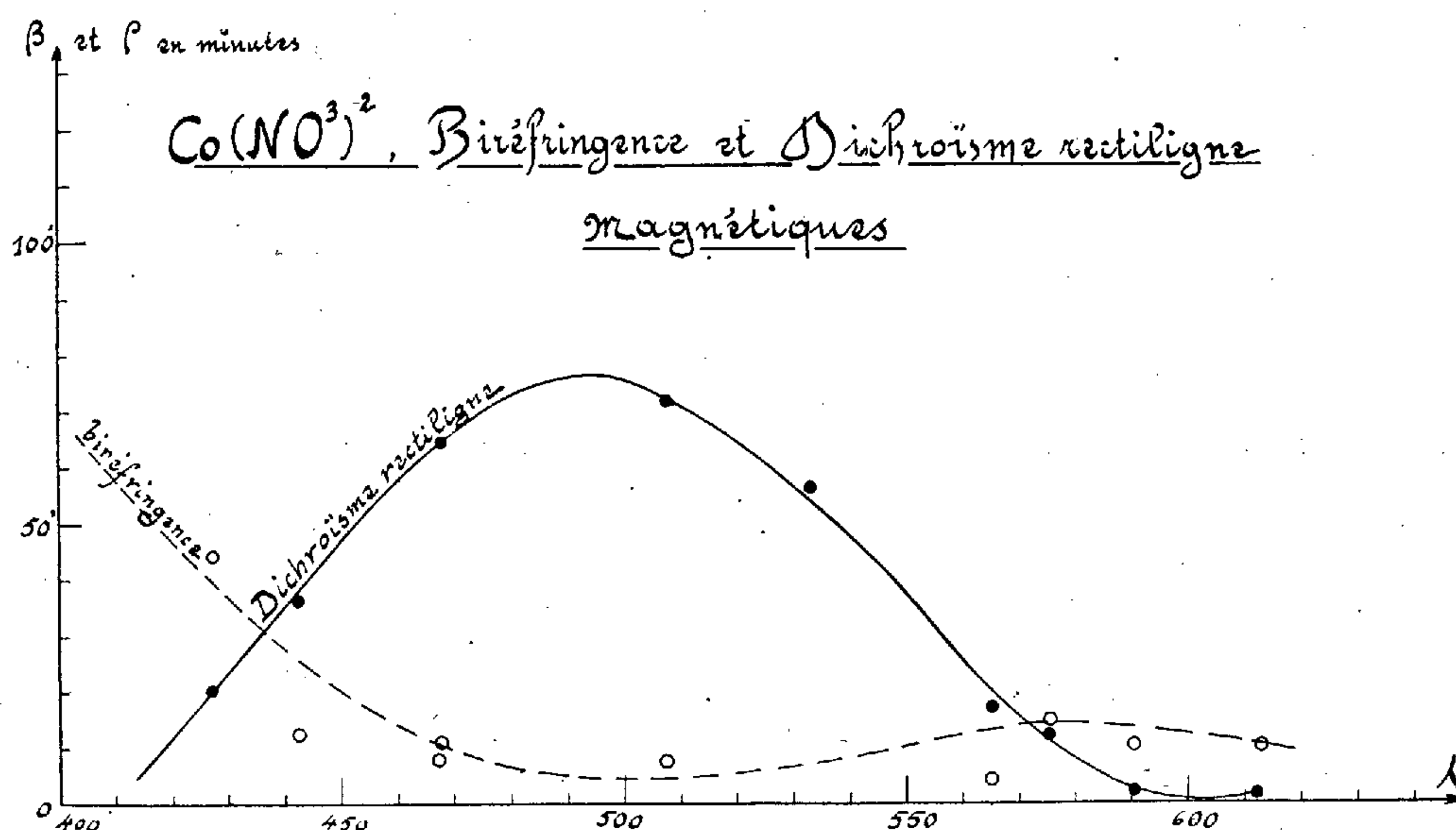
[2] *Notice sur ses travaux scientifiques*, Paris, 1923.

[3] *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 950.

quart d'onde en mica immergé précède les plages, on utilise quatre ensembles de plages pour tout le spectre visible.

Champ magnétique. — On s'est servi d'un entrefer de 11^{mm} avec les pièces polaires en coin à facettes rectangulaires de 61×5^{mm}. Le champ magnétique y est d'environ 50 kilogauss. Le réglage de la direction du faisceau a été effectué de façon à éliminer autant que possible le pouvoir rotatoire dû à une composante du champ le long du rayon; les mesures ont été faites pour les deux sens du champ et l'on a constaté que sa suppression ne laissait subsister aucun effet résiduel.

Nous avons mesuré pour chaque longueur d'onde la biréfringence magnétique et le dichroïsme magnétique indiqués sur le graphique ci-joint.



(Les pointillés situés dans la région d'absorption maxima ont été faits, toutes choses égales d'ailleurs, sur une solution de concentration quatre fois moindre, on les a placés sur la même courbe en admettant — ce qui n'est sans doute pas rigoureusement exact — que les effets sont proportionnels à la concentration.) En abscisses, j'ai porté la longueur d'onde moyenne de la bande émergeant du liquide absorbant, bande dont la largeur était comprise, suivant les cas, entre 50 et 100 Å.

Dichroïsme rectiligne ρ. — Il est de même signe de part et d'autre de la bande et présente un maximum vers 5000 Å.

Biréfringence magnétique β. — Elle est du même signe que pour le nitrobenzène mais très petite (on n'a pas tenu compte de la biréfringence propre à l'eau qui sert de solvant et qui est négligeable dans les conditions

des expériences). La dispersion paraît anomale, β semblant passer par un minimum dans la bande.

Indépendamment de toute théorie, on peut écrire les relations suivantes reliant aux quantités mesurées ρ et β, les différences entre les indices principaux n_e et n_0 et entre les indices d'extinction principaux $\varkappa_e$ et $\varkappa_0$ (définis par la loi de décroissance des amplitudes $u = u_0 e^{-\frac{2\pi\varkappa L}{\lambda}}$), les développements des exponentielles étant réduits aux premiers termes

$$\rho = \frac{\pi L}{\lambda}(\varkappa_e - \varkappa_0), \qquad \beta = \frac{\pi L}{\lambda}(n_e - n_0).$$

Mais pour en déduire les valeurs elles-mêmes de ces indices principaux, il faut faire appel à une théorie. La théorie de l'orientation moléculaire conduit à écrire

$$n_e + 2n_0 = 3n, \qquad \varkappa_e + 2\varkappa_0 = 3\varkappa,$$

n et $\varkappa$ étant les valeurs observées en dehors du champ.

PHYSICOCHIMIE. — *Étude des solutions d'acide nitrique dans l'éther éthylique.* Note [1] de M. **René Dalmon**, transmise par M. Charles Fabry.

Hantzsch [2], dans son étude sur la constitution de l'acide nitrique, suppose que les solutions dans l'éther renferment la forme non dissociée de l'acide nitrique qu'il qualifiait alors de pseudoforme. A partir de cette hypothèse il calcule les spectres des solutions aqueuses d'acide nitrique; il admet que ces solutions renferment l'acide vrai ou acide ionisé et la forme non dissociée ou pseudo-forme. Les spectres de ces deux formes étaient donnés, pour l'acide ionisé, par les solutions étendues de ses sels et, pour la forme pseudo, par le spectre de la solution éthérée.

Nous avons repris les mesures d'absorption dans l'ultraviolet des solutions éthérées d'acide nitrique. En prenant des précautions on peut obtenir des solutions contenant jusqu'à 30 % d'acide nitrique et parfaitement incolores. Le coefficient d'extinction moléculaire est rigoureusement constant pour tout ce domaine de concentration. Ces solutions ne contiennent donc qu'une seule espèce de particules absorbantes, que Hantzsch suppose être la forme non dissociée de l'acide nitrique.

---

[1] Séance du 16 août 1939.

[2] *Ber. d. chem. Ges.*, 58, 1925, p. 941.

D'autre part R. C. Farmer (³) a étudié le mécanisme de la formation des éthers nitriques à la lumière des résultats de Hantzsch. Il conclut que la forme non dissociée de l'acide nitrique est l'agent actif de la nitration.

Nous avons donc pensé que les solutions d'acide nitrique dans l'éther devaient nitrer la cellulose. Nous avons fait plusieurs essais dans ce sens qui tous ont été négatifs. En particulier du coton, maintenu pendant 7 jours dans un mélange à 30 % d'acide nitrique, a donné ensuite un taux d'azote exactement nul au nitromètre.

Les conclusions de Farmer étant confirmées par de nombreux faits, il faut donc penser que l'acide nitrique dans l'éther n'existe pas sous la forme pseudo ainsi que le suppose Hantzsch. Comme d'autre part le coefficient d'extinction moléculaire est indépendant de la concentration, c'est qu'il se forme une combinaison acide nitrique-éther qui annule le pouvoir nitrant de l'acide nitrique.

La concentration maximum de 30 % que l'on peut atteindre correspond au point de vue stöchiométrique à moins d'une molécule d'acide nitrique pour plus d'une molécule d'éther. Il serait intéressant de dépasser la composition équimoléculaire (45,7 % d'acide nitrique) pour voir si au delà le coton est nitré et si le coefficient d'extinction moléculaire reste constant. Mais les mélanges ne sont plus stables et il est impossible de les conserver.

Remarque. — Au cours de cette étude on a pu faire l'observation suivante : des solutions d'acide nitrique dans l'éther, souillées de vapeurs nitreuses abandonnées dans des flacons bouchés, donnaient naissance à des cristaux ayant la forme de fines aiguilles. Ces cristaux ont été soumis à l'analyse; on a trouvé qu'ils étaient constitués par du nitrate d'ammonium. Nous ne croyons pas que l'on ait signalé la formation de ce corps dans un tel milieu dans lequel il semble bien inattendu qu'une réduction puisse se produire pour former NH^4.

GÉOLOGIE. — *Sur les terrains primaires et infraliasiques du Djurdjura (Algérie).* Note (¹) de M. **Alexis Lambert**, transmise par M. Charles Jacob.

Des recherches récentes dans la chaîne du Djurdjura m'ont permis de définir plusieurs niveaux stratigraphiques qui n'y avaient pas été reconnus jusqu'ici.

(³) *Chemistry and Industry*, 50, 1931, p. 75 T.

(¹) Séance du 31 juillet 1939.

I. *Paléozoïque*. — Sur le versant septentrional du Djurdjura, le massif primaire kabyle forme un diverticule orienté Est-Ouest qui s'étend, dans la région des Aït Irguène, entre les chaînons liasiques et tertiaires du Kouriet, au Nord, et ceux du Djurdjura Tiassassin, au Sud. Dans cet anticlinal paléozoïque, Ficheur avait reconnu l'existence (feuilles Bouira et Tazmalt) de schistes métamorphiques et de houille. Il avait distingué en outre, comme appartenant à l'Infralias, une bande plus ou moins continue de calcaires s'allongeant depuis le village d'Ibadissen, à l'Ouest, jusqu'aux abords de Tala n'Tazert.

Entre l'Azerou Agouni bou Amane (cote 1209) et le pic 1865, ces différents terrains constituent une série redressée qui bute par faille, au Sud, contre le Domérien calcaire. A partir de cette faille, et du Sud au Nord, j'ai pu y relever la succession suivante :

1° Quartzites métamorphiques à patine ferrugineuse (50 à 60^{m}); 2° Phyllades métamorphiques à nombreux filonnets de quartz gras (250^{m}); 3° Schistes noirs, graphiteux, parfois grenatifères, admettant des intercalations de calcaires noirs marmoréens à Orthocères et Crinoïdes (100^{m}); 4° Lentilles de cipolin à patine marron, bleu foncé à la cassure (20^{m}); 5° Grauwackes calcaires avec moules de Bivalves, Crinoïdes, Tentaculites, Polypiers et Bryozoaires (20^{m}); 6° Calcaires à Tentaculites (5^{m}); 7° Cipolins en gros bancs, bleu foncé, à patine ferrugineuse, avec sections d'Orthocères et fragments de Crinoïdes; 8° Schistes, quartzites et calcschistes; 9° Calcschistes roses et rouges à sections d'Orthocères et rares Tentaculites; 10° Grès calcaires et poudingues gris à éléments bien roulés (40 à 50^{m}).

Les assises 10 et 11 sont ravinées par les grès rouges du Permo-trias qui supportent à leur tour le Lias et le Nummulitique du synclinal du Kouriet.

La découverte d'Orthocères et de Tentaculites dans les calcaires 4 à 9, attribués jadis à l'Infralias, en établit l'âge paléozoïque. Comme pour les calcaires signalés par F. Ehrmann aux Beni Afeur (²) et dans la région de Bougie (³), il est permis, en attendant des précisions paléontologiques, d'évoquer à leur sujet un âge silurien ou dévonien.

L'anticlinal paléozoïque des Aït Irguène s'ennoie vers l'Ouest sous les terrains tertiaires, à hauteur du village d'Ibadissen. Vers l'Est, il se relie à la masse des schistes métamorphiques du massif ancien de Kabylie où seule la présence de lentilles calcaires discontinues permet de le suivre jusqu'au Tizi n'Djemaa (route de Michelet au col de Tirourda).

II. *Infralias*. — Poursuivant les recherches qui m'avaient permis de signaler l'existence du Rhétien à *Avicula contorta* dans la forêt des Aït

(²) *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 1716.
(³) *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 63 et *C. R. somm. S. G. F.*, 1923, p. 140.

Ouabane et au voisinage de Tizi n'Kouilal ([4]), j'ai découvert, dans la région de Tabbourt Tamellalt, une faune nouvelle qui a été étudiée par G. Dubar. Cette faune comprend les espèces suivantes : *Montlivaultia Haimei* Ch. et Dew., *Spiriferina Collenoti* E. Dest., *Rhynchonella* aff. *plicatissima* Quenst., *Rh.* aff. *salisburgensis* Neum. *Rh.* cf. *triplicata squamiplex* Quenst,, *Dimyopsis intustriata* Emm. sp., *Pecten* (*Chlamys*) *æquiplicata* Terq., *Modiola minuta* Goldf., *Terquemia* sp., *Plagiostoma* sp., *Præconia tetragona* Terq. sp., *Neritopsis* sp. du groupe de *N. Hebertana* d'Orb., *Collostylina* sp., *Diademopsis serialis* Ag. et *Diademopsis Falloti* J. Lambert.

D'après le savant spécialiste, la présence de *Diademopsis serialis* Ag., forme classique de l'Hettangien du Bassin du Rhône, et de *Diademopsis Falloti* J. Lambert, forme du Rhétien à *Avicula contorta* du Rif ([5]), *semble écarter l'hypothèse d'une faune sinémurienne, et fait même penser à l'Hettangien inférieur.*

La présence de cette faune, dans des couches immédiatement superposées au Rhétien, démontre l'existence d'un Infralias complet à la base de la série liasique du Djurdjura.

MICROBIOLOGIE. — *Sur le fractionnement par ultracentrifugation de l'antigène O-endotoxine du bacille d'Eberth.* Note de M. **André Boivin**, présentée par M. Louis Martin.

Nous avons montré ([1]) qu'on peut obtenir, à partir des variantes *Smooth* des bactéries à Gram négatif, des substances colloïdales, de nature glucido-lipidique, qui s'identifient, par leurs propriétés biologiques, tout à la fois aux antigènes somatiques O complets et aux endotoxines des bactéries. Dans le cas du bacille typhique, on peut isoler deux substances de cet ordre représentant respectivement les antigènes somatiques O et V*i* de la bactérie.

([4]) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 924.

([5]) *Bull. S. G. F.*, 5e série, t. 8, 1938, p. 285.

([1]) Voir en particulier notre Rapport sur *Les Antigènes somatiques et flagellaires des Bactéries*, présenté en octobre 1938 devant le *Premier Congrès de l'Association des Microbiologistes de Langue française*, à Paris (*Ann. Institut Pasteur*, 61, 1938, p. 426).

En soumettant à l'ultracentrifugation ([2]) une solution aqueuse de l'antigène glucido-lipidique O du bacille d'Eberth, telle qu'on l'obtient par la méthode à l'acide trichloracétique, nous avons pu séparer deux fractions.

Une première fraction, qui représente en poids plus des 4/5ᵉ de l'antigène brut, est ultracentrifugeable : elle se sépare sous la forme d'une gelée épaisse collant au fond des tubes de la centrifugeuse et se redispersant dans l'eau, par agitation, en donnant une solution opalescente, capable de subir sans altération une filtration sur bougie ou une centrifugation prolongée à 6000 tours. Il s'agit d'une substance précipitable par l'acétone, livrant à l'hydrolyse sucres et acides gras (nature glucido-lipidique) et qui est antigénique et toxique. La seconde fraction est constituée par des substances non centrifugeables (du moins dans les conditions de nos expériences), qui se retrouvent dans le liquide surnageant la gelée et d'où l'on peut les précipiter en bloc par l'acétone. On obtient de la sorte une préparation qui donne, avec l'eau, une solution non opalescente et qui libère à l'hydrolyse des sucres et une petite quantité d'un matériel acidique insoluble dans l'eau et soluble dans l'éther (acides gras, sans doute). Cette préparation se montre antigénique et toxique. Mais, tandis que la fraction ultracentrifugeable ne provoque, chez le lapin, que l'apparition du seul anticorps O (agglutinine O), l'autre fraction développe, chez l'animal, à côté de l'anticorps O, un second anticorps de spécificité bien différente. On se trouve en présence d'un mélange de deux antigènes partiellement séparables par des précipitations fractionnées à l'acétone : un antigène O non ultracentrifugeable et toxique, qui est probablement lui aussi de nature glucido-lipidique, et un autre antigène, qui paraît être commun aux variantes *Smooth* et *Rough* de toutes les *Salmonella* et dont la toxicité est très faible ou nulle. A l'unité de poids, l'antigène O non centrifugeable paraît être nettement plus toxique que l'antigène O centrifugeable; mais, comme le second est beaucoup plus abondant que le premier dans les préparations d'antigène brut, celles-ci doivent à la fraction centrifugeable la majeure partie de leur toxicité. On peut se demander si ces deux antigènes O ne représentent pas un même composé chimique sous deux états de polymérisation très différents. Mais il sera impossible de répondre de façon sûre à

([2]) Le liquide, contenu dans des tubes en *lusteroid*, est soumis à quatre ultracentrifugations successives, de quinze minutes chacune, dans une machine tournant à 95 000-100 000 tours par minute (ultracentrifugeuse Huguenard-Bardet, alimentée en air comprimé à 6 kilogrammes par un compresseur de 20 chevaux-vapeur).

cette question tant qu'on ne sera pas parvenu à isoler, à l'état pratiquement pur, l'antigène O non centrifugeable.

Stérilisées par filtration sur bougie, les solutions d'antigène brut se conservent pendant très longtemps sans altération sensible. Après des mois, elles se comportent à l'ultracentrifugation comme des solutions fraîches et elles n'ont rien perdu de leur toxicité. Mais les solutions qui sont additionnées d'un peu de toluène ou de formol, dans le but d'entraver le développement des bactéries, s'altèrent lentement, surtout lorsqu'on les abandonne à 37°. L'antigène O devient de plus en plus rapidement et de plus en plus complètement centrifugeable et finit par précipiter spontanément, au moins de façon partielle. En même temps, la toxicité des préparations s'abaisse, mais toutefois sans jamais s'annuler complètement.

Des préparations d'antigène O du bacille typhique obtenues soit par la méthode au glycol de Morgan, soit par la méthode à la trypsine de Raistrick et Topley, se comportent à l'ultracentrifugation exactement comme les préparations obtenues selon notre méthode, en mettant en œuvre l'acide trichloracétique ou tout aussi bien l'acide sulfosalicylique ou l'acide picrique. Un simple *artefact* de préparation ne semble donc pas devoir être rendu responsable de la bidispersion de l'antigène O préparé à l'aide de l'acide trichloracétique.

Notons enfin, pour terminer, que l'antigène V*i* du bacille typhique et que les antigènes O du bacille d'Ærtrycke et du bacille de Shiga nous ont montré, à l'ultracentrifugation, des phénomènes rappelant absolument ceux que nous venons de décrire en ce qui concerne l'antigène du bacille d'Eberth ([3]).

([3]) Morgan et Partridge (*Nature*, 143, 1939, p. 1025) indiquent que, grâce à la formamide, il serait possible de libérer de leurs constituants lipidiques les préparations antigéniques du bacille de Shiga, sans abolir leur propriété d'engendrer des anticorps. Il nous est apparu que la formamide dissout seulement la fraction non centrifugeable des antigènes, en laissant comme résidu la fraction ultra-centrifugeable. Mais la séparation de ces deux parties par la formamide est fort laborieuse, car elle exige une centrifugation *très prolongée* à 16000 tours. Mieux vaut, à notre avis, recourir à l'ultracentrifugation pure et simple.

IMMUNOLOGIE. — *Recherches sur la durée de l'immunité conférée à l'homme par l'infection fébrile ou inapparente de typhus murin.* Note de MM. **Georges Blanc** et **Marcel Baltazard**, présentée par M. Louis Martin.

L'opinion courante basée sur l'expérience est que le typhus exanthématique donne une forte et très longue immunité. A cette notion classique, certains auteurs ont apporté des restrictions. Ch. Nicolle (1) signale la possibilité de réinfection. H. Mosing et Radlo, plus catégoriques, écrivent *que même un typhus typique et grave ne confère pas l'immunité absolue*. Ils signalent des cas de récidive de typhus chez des travailleurs du laboratoire de Weigl (2).

Cependant l'expérience que Kuteischikov, Dosser et Bernhoff ont faite sur eux-mêmes, dix ans après leur atteinte de typhus (3), démontre que l'immunité post-typhique est forte et de longue durée.

Dès nos premières recherches sur le typhus murin, nous avons démontré l'existence d'une immunité croisée, complète chez l'homme, entre les souches de typhus murin isolées à Casablanca et d'autres souches de typhus murin (souche de Mexico, Zinsser; souche de Toulon, Marcandier) ou de typhus épidémique, les formes inapparentes donnant la même immunité que les formes fébriles.

Nos premières expériences remontant à l'année 1933, nous avons pu rechercher la durée de l'immunité avec un recul suffisant pour en tirer des conclusions d'ordre pratique.

Voici le résumé succinct de quelques expériences :

Immunité vis-à-vis du virus murin consécutive à un typhus murin fébrile. — Cinq sujets ayant fait un typhus murin fébrile sont éprouvés, soit avec la même souche de virus, soit avec une souche d'autre provenance, deux, 14 mois plus tard, deux autres 3 ans et enfin le cinquième 5 ans et demi plus tard. Tous présentent une immunité parfaite.

Immunité vis-à-vis du virus murin consécutive à un typhus murin inapparent. — 1° M. b. S. est vacciné au virus bilié en février 1936, 15 jours plus tard, nouvelle vaccination et enfin 15 jours plus tard, troisième vaccination. Aucune réaction. Trois ans et quatre mois plus tard, épreuve avec une forte dose de virus murin. Pas de réaction thermique, pas de réaction sérologique.

---

(1) *Revue d'immunologie*, **1**, 1935, p. 9.

(2) H. Mosing et P. Radlo, *Bull. Office intern. Hyg.*, **30**, 1938, p. 1175.

(3) *Zentr. f. Bacht. Originale*, **129**, 1933, p. 263.

M. o. S. est vacciné le 13 juin 1935 au virus bilié et revacciné 7 jours plus tard. Pas de réaction. Il est éprouvé une première fois, un mois plus tard, une seconde fois, quatre ans plus tard, avec la même souche de virus murin. Dans aucun cas il ne présente de réaction fébrile.

2° O., vacciné le 12 février 1935 au virus bilié, ne fait aucune réaction. Il est éprouvé deux mois plus tard, au virus murin. Pas de réaction. Quatre ans et trois mois plus tard, il est à nouveau éprouvé au typhus murin. Pas de réaction.

M. est vacciné au virus bilié, sans réaction, éprouvé 2 mois plus tard au virus murin, toujours sans réaction; il est à nouveau éprouvé 4 ans et 3 mois plus tard, avec la même souche de typhus murin. Toujours même immunité.

Immunité consécutive à la vaccination simple par virus bilié. — Au mois de mai 1936, 818 détenus sont vaccinés; on note très peu de réactions fébriles. Au mois de janvier 1939, 2 ans et 8 mois plus tard, 10 anciens vaccinés sont éprouvés au virus murin et ne réagissent pas.

Immunité vis-à-vis du typhus épidémique consécutive à une atteinte de typhus murin. — 1° M. B. L. fait un typhus fébrile en novembre 1938, il est éprouvé 7 mois plus tard avec du virus de typhus épidémique, en juin 1939; immunité complète. Même immunité chez L., qui fut éprouvé en juin 1939, 1 an après son atteinte de typhus.

2° T. R. a fait un typhus murin en juin 1934, il est éprouvé 1 mois plus tard avec du virus de typhus murin et 5 ans et 5 mois plus tard avec du virus épidémique; immunité complète. De même A. M., qui fait un typhus murin fébrile en mars 1934 et ne réagit pas à l'inoculation d'épreuve faite 5 ans et 4 mois plus tard avec du virus de typhus épidémique.

Immunité vis-à-vis du typhus épidémique consécutive à l'infection inapparente de typhus murin. — S. et M. sont vaccinés le 9 février 1934 au vaccin bilié, pas de réaction et au virus de typhus épidémique 5 ans et 5 mois plus tard, pas de réaction.

Résumé et conclusions. — 1° L'infection fébrile de typhus murin donne à l'homme, de façon régulière, une immunité parfaite contre les typhus murin et épidémique pendant une période d'au moins cinq ans.

2° L'infection de typhus murin inapparente, provoquée ou non par virus bilié, lui donne une immunité de même valeur et de même durée.

3° Il y a lieu de conclure que, même si tous les vaccinés par virus bilié ne sont pas immunisés, ceux qui ont fait une infection inapparente le sont pour un laps de temps considérable et qu'il est permis d'espérer qu'une vaccination pratiquée régulièrement en milieu endémique doit amener la disparition rapide de l'infection.

La séance est levée à 15h 10m.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 SEPTEMBRE 1939.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE BÉHAL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

VOLCANOLOGIE. — *Conséquences à tirer d'observations sur l'éruption récente du volcan de la Réunion.* Note [1] de M. **ALFRED LACROIX.**

La composition chimico-minéralogique du basalte épanché par le cratère du petit cône construit par l'éruption du Piton de la Fournaise en 1938, décrite dans une Note antérieure (analyse 2) [2] est la même que celle de la lave (analyse 1) qui, en août 1937, a été déversée dans le cratère terminal par une fente ouverte sur le bord de ce cratère Bory [3]. Cette composition ne diffère pas davantage de celle de la lave des éruptions de 1924 et 1926. Il s'agit d'un *basalte labradorique* (III. 5.4.4) présentant un très léger excès de silice *virtuelle* et dont, par suite, l'olivine exprimée est *réactionnelle*.

Cette composition correspond au type basaltique habituel de ce volcan, sous cette réserve que plus fréquemment la silice, au lieu d'être en faible excès, est légèrement en déficit, de telle sorte que, dans ce cas, l'olivine observée est encore réactionnelle, mais seulement en partie. Il en résulte que la présence ou l'absence d'olivine n'y implique pas nécessairement une différence de composition chimique.

L'*océanite* pourrait, pour plus de précision, être appelée *océanite-anka-*

---

(1) Séance du 16 août 1939.

(2) *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 405. Le numérotage des analyses donné ci-dessous est celui de cette Note.

(3) *Le volcan actif de l'île de la Réunion* (Supplément), 1938, p. 13, et fig. 3 (p. 15).

ramite, car le paramètre *k* de la formule (*h. k. l. m.*) est 3, parce que le rapport de la teneur en olivine et en pyroxène *virtuels* est voisin de l'égalité, mais, là encore, la proportion d'olivine *exprimée* est supérieure à celle que donne le calcul et pour la même raison que dans les basaltes. Cette composition se rapproche de celle des océanites de 1897, 1903, 1931, mais celles-ci renferment une quantité plus grande encore d'olivine virtuelle et d'olivine exprimée.

A tous égards, les deux types fournis par l'éruption de 1938-1939 sont donc très différents l'un de l'autre ([4]), mais les petites ponces friables (analyse 3) constituent un passage entre eux ([5]), très voisin de l'océanite.

Si l'on veut chercher une explication à la présence de l'océanite, il faut avoir recours à une différenciation par cristallisation du magma basaltique, comme je l'ai fait, lorsque, pour la première fois, j'ai signalé l'existence de cette roche parmi les laves de la Réunion ([6]).

Pour ce point de vue, deux hypothèses ont été formulées. D'après l'une, l'olivine d'un certain magma tombant par gravité dans une partie plus profonde de celui-ci s'y accumule sans fondre et conserve sa forme intacte. M. L. Bowen, défenseur de ce mécanisme ([7]), admet que le maximum de la teneur en olivine *virtuelle* des magmas basaltiques ne dépasse guère 10 % et qu'un magma fondu très péridotique, de la composition des océanites, ne peut exister.

La seconde hypothèse consiste à supposer qu'une fois arrivés dans une région à température suffisamment élevée les cristaux d'olivine fondent, pour recristalliser ensuite.

Les ponces légères et friables, ainsi que les fils capillaires d'obsidienne du 11 janvier, présentent un grand intérêt pour cette question; leur parenté avec l'océanite résulte de ce que leur teneur en olivine *virtuelle* est

---

([4]) Il est probable que cette association a été réalisée dans d'autres éruptions non datées, et sans doute aussi en 1926 : on trouvera dans mon volume de 1936, l'analyse d'un *basalte* (p. 161, analyse 18) et d'une *océanite* (p. 176, analyse 27) portant cette date, mais le garde-forestier qui a récolté les échantillons n'a pas fourni de renseignements sur leur position relative, aussi n'ai-je pas insisté sur cette question. (Cf. *Le volcan actif*, 1936.)

([5]) L'éruption de 1812 a fourni des passages de cet ordre : la composition chimique d'échantillons de collections est fournie par les analyses 17 et 23 de mon volume de 1936, dont les légendes doivent être inversées.

([6]) *Comptes rendus*, 154, 1912, p. 251.

([7]) *The Evolution of the Igneous Rocks*, 159, 1928, p. 164.

de 28 %, alors qu'ils sont entièrement constitués par du verre, sans traces des gros cristaux de ce minéral caractérisant la lave de l'analyse 6 de même composition. Je ferai remarquer en outre, que dans cette même éruption, l'océanite de l'analyse 4, très vitreuse et boursoufflée, dont la teneur en olivine virtuelle est de 34,6 %, renferme une quantité d'olivine *exprimée* moindre, ce qui implique qu'une partie de l'olivine calculée est restée à l'état potentiel dans le verre.

Il serait important de pouvoir étudier les dernières laves consolidées dans le cratère, après la projection des petites ponces, afin de voir si elles ont la même composition chimique que celles-ci, et si elles sont aussi dépourvues de cristallinité que ces ponces. On ne peut démontrer d'une façon plus nette combien serait nécessaire, dans l'étude de ce volcan, de ne négliger aucune occasion de recueillir tous les produits accompagnant la moindre de ses manifestations.

Enfin, une dernière conclusion doit être tirée de la production de basalte et d'océanite par la même fente, au cours d'une même éruption. Elle apporte une démonstration définitive de l'opinion que j'ai formulée [8], dès 1912, sur la théorie de M. Ch. Vélain, d'après laquelle le cratère terminal du volcan de la Fournaise ne fournirait que des basaltes peu ou pas péridotiques, alors que les laves émises par les fissures de basse altitude seraient toujours riches en olivine.

La composition des produits du volcan n'est pas liée à l'altitude de la bouche des éruptions; la différenciation du magma dont ils proviennent n'est pas un phénomène superficiel.

GÉOLOGIE. — *La venue de gaz de Saint-Marcet (Haute-Garonne).* Note de M. **Charles Jacob.**

Une Note récente de MM. L. Bertrand et L. Barrabé [1], annonçant la découverte importante d'une venue de gaz hydrocarburés à Saint-Marcet (Haute-Garonne), appelle des compléments sur les circonstances qui ont amené cette découverte ou, d'une manière plus lointaine, l'ont précédée.

---

(8) *Op. cit.* et *Le volcan actif de l'île de la Réunion*, p. 185.

(1) *Comptes rendus*, **209**, 1939, p. 399.

Durant l'été 1936, M. Ramadier, alors Sous-secrétaire d'État au Ministère des Travaux publics, a invité l'Office national des combustibles liquides, dirigé par M. L. Pineau, à dresser un nouveau programme de recherches pétrolifères en France, et il se préoccupait en même temps d'en assurer les moyens d'exécution.

La question est ainsi venue à la fin de 1936 devant la Section géologique du Comité scientifique de l'Office, section qu'après M. Ch. Barrois, j'ai l'honneur de présider et qui comprend de nombreux géologues français. Les régions susceptibles de recéler des hydrocarbures ont été de ce fait l'objet de révisions ou d'études nouvelles. La Section a retenu en première urgence : 1° le Sud de la Montagne Noire, indiqué par le gisement, jusqu'ici bien limité, de Gabian; 2° les Petites-Pyrénées. Par ailleurs, dans une Commission technique de l'Office présidée par M. Bihoreau, nous décidions qu'il fallait s'équiper vraiment pour de grands sondages. On éviterait ainsi de s'arrêter prématurément en profondeur comme souvent jusque-là sur notre sol métropolitain.

Pour les Petites-Pyrénées, une Sous-commission géologique comprenait MM. Ch. Jacob, L. Bertrand, L. Barrabé et D. Schneegans, et il lui a été adjoint par la suite MM. Durand et L. Mengaud.

Dans toute son ampleur, le problème se présentait ainsi qu'il suit.

La lisière Nord des Pyrénées et sa bordure en Aquitaine sont séparées en deux parties par le Plateau de Lannemezan, où le Miocène transgressif mord sur la bordure de la chaîne et masque les structures et les terrains plus profonds.

Les indices connus, bitumes sporadiques mais souvent importants dans les terrains secondaires et tertiaires; source salée pétrolifère de Saint-Boès près d'Orthez etc., se situaient tous alors à l'Ouest du Lannemezan, notamment en Béarn, dans les parages de la *fosse aturienne* des géologues. De nombreuses recherches privées y avaient été poursuivies sans succès, en particulier celles de la Société de recherches d'hydrocarbures, conseillées sur mon intervention par P. Viennot depuis 1922. L'État lui-même ne s'en est pas désintéressé. En 1928, à la suite de constatations nouvelles sur la structure des Pyrénées, M. Pineau m'avait demandé de revoir le Béarn. Je l'ai fait avec P. Viennot et M. Jung. En l'état des connaissances, nous avons dû conclure en 1929, mes collaborateurs et moi, qu'il était difficile d'emplacer à l'Ouest du Lannemezan de nouveaux sondages, véritablement différents de ceux jusque-là effectués.

A l'Est, les structures sont plus simples. Elles sont bien connues depuis

l'Aude jusqu'aux dômes ou brachyanticlinaux des Petites-Pyrénées de la Haute-Garonne, celles-ci magistralement étudiées par A. Leymerie dans son ouvrage classique de 1881 et cartographiées depuis par L. Carez pour la Feuille géologique au 1/80000e de Saint-Gaudens. Mais, jusqu'à ces temps derniers, les indices manquaient. Dans le rapport inédit à une Compagnie privée dont parle la Note précitée, MM. L. Bertrand, P. Viennot et L. Barrabé avaient cependant insisté dès 1925, et ils ont persisté depuis, pour que des sondages soient entrepris sur les dômes de Leymerie. Ils proposaient de commencer par celui de Plagne, parce que le plus érodé. Le centre du dôme de Plagne se trouve à une vingtaine de kilomètres à l'Est de celui de Saint-Marcet. Comme l'indiquent MM. L. Bertrand et L. Barrabé, leur proposition était restée sans suite. Jusqu'en 1936, à l'Ouest du Lannemezan, les recherches profondes se bornaient principalement à un sondage privé, effectué sans résultat dans les années précédentes près de Lavelanet, à vrai dire beaucoup plus au Sud-Est, à 80^{km} de la vallée transversale de la Garonne.

Ainsi, à l'Ouest du Lannemezan, abondaient les indices; à l'Est, il y a de belles structures. En présence de ces faits, la Section géologique a adopté la proposition de MM. L. Bertrand et L. Barrabé d'explorer les Petites-Pyrénées, mais en se plaçant, sur ma demande expresse, le plus à l'Ouest possible, vers les confins du Lannemezan, pour essayer de se rapprocher des indices connus.

Une reconnaissance confiée à M. L. Bertrand, L. Barrabé et D. Schneegand, aidés de M. Andréeff, a étudié, au printemps de 1937, les affleurements les plus occidentaux, ceux de Gensac. Après cette étude et malgré une campagne annexe de géophysique, qui a bien déterminé la base du Miocène sans atteindre toutefois l'infrastructure, le dôme de Gensac n'était pas, ce fut au moins mon avis, suffisamment fermé au Nord-Ouest sous le Miocène pour qu'on sache exactement où sonder.

Cependant le matériel allait arriver à pied d'œuvre et une décision devenait urgente. En compagnie de MM. Barrabé et Schneegans, je suis donc allé sur les lieux. Ayant constaté que Gensac exigeait en effet une prospection complémentaire, nous avons examiné la région proche de Saint-Marcet. A l'aide de la carte de L. Carez, complétée par des déterminations de pendages, nous avons fixé, le 3 septembre dernier, un emplacement près de la métairie de Pinat. C'est de ce sondage, effectué par l'Office sous la direction technique particulièrement avertie de M. de Vries, que jaillit le gaz aujourd'hui.

Comparé à Gabian, au gaz de Vaux-en-Bugey et aux autres principaux indices français, Saint-Marcet se présente déjà dans des conditions meilleures. La venue, d'un débit important, provient d'une structure anticlinale simple. Les analyses, faites à l'École du Pétrole de Strasbourg, y reconnaissent une proportion élevée de gaz lourds et de l'huile a pu être recueillie. L'exploration continue. Le sondage, équipé pour descendre à 2500^{m} si c'est nécessaire, doit être poursuivi. La prospection s'étendant en outre de proche en proche, on verra si, Pechelbronn mis à part, on a découvert enfin de véritables gisements sur le sol français.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le diagnostic précoce de la variété.* Note de M. **Henri Colin** et Mlle **Simone Lemoyne**.

Il n'est pas douteux que les caractères chimiques de la variété ne soient inscrits dans la graine, mais rarement de la façon la plus explicite, nous savons peu de chose des facteurs qui orientent l'évolution du germe vers une sorte plutôt qu'une autre, le diagnostic biochimique de la variété ne peut porter, le plus souvent, que sur la jeune plante.

La question est particulièrement intéressante dans le cas de la Betterave dont il existe nombre de variétés cultivées, de valeur économique très diverse, ce qui fait appréhender à juste titre les mélanges de graines.

Entre Betteraves à sucre et à fourrage il existe des différences très accusées, non seulement quant à la morphologie externe et à la structure anatomique, mais pour ce qui est de la composition chimique : plus de sucre, moins de cendres, d'azote et d'organates, tels sont les traits essentiels de la racine de sucrière comparativement à la fourragère, ils sont corrélatifs d'une vascularisation plus serrée, d'un collet large et surbaissé, d'un feuillage plus abondant.

L'examen le plus attentif de la graine ne laisse rien prévoir de cette diversité, glucides, matières minérales, azote, soufre et phosphore s'y trouvent en proportions sensiblement égales dans toutes les sortes. Il en va de même pour la plantule; les divergences ne se manifestent que plus tard, sur la plante feuillée, sur la racine principalement, les feuilles de toutes les sortes ayant à peu près la même composition.

Il est difficile, dans les conditions normales, de se prononcer entre variétés à sucre et à fourrage d'après les teneurs en matière sèche et en saccharose de la racine tant que le poids de celle-ci est inférieur à 100^{mg}.

Dans l'ensemble la concentration du suc cellulaire est un peu plus faible pour les fourragères, mais qui s'aviserait de fixer l'indice minimum d'une betterave sucrière à un moment où l'échantillonnage est si délicat? Quelques jours plus tard, le diagnostic est moins aléatoire, on a, par exemple, toutes choses égales :

Sucrières.			*Fourragères.*		
Poids frais.	Sec % de frais.	Sucre % de sec.	Poids frais.	Sec % de frais.	Sucre % de sec.
131mg	13,4	15	141mg	10	7

Dans un cas comme dans l'autre le pouvoir réducteur des extraits est insignifiant avant hydrolyse, c'est une erreur de croire qu'aux premiers stades de la végétation le sucre interverti prédomine dans la racine de Betterave.

Ces petites racines encore dépourvues de sucre ont une teneur en azote qui oscille, quelle que soit la variété, entre 4 et 5 % du sec, comme dans les feuilles vertes de la plupart des plantes, dans les foyers végétatifs, partout où il y a prolifération cellulaire sans accumulation de réserves. En fin de végétation l'azote atteint à peine 1 % dans les Betteraves sucrières, le double, tout au plus, chez les fourragères. Un tiers environ de l'azote organique total est à l'état insoluble dans les jeunes racines, moitié moins que dans le parenchyme foliaire. Elles donnent énergiquement les réactions des nitrates pour peu que le sol en renferme, c'est la raison pour laquelle le chiffre de décarboxylation de la pulpe par traitement chlorhydrique (HCl 12 %, à l'ébullition) est si élevé, jusqu'à 4 de CO^2 % du sec, l'acide nitrique réagissant sur la cellulose.

Les racines des toutes jeunes Betteraves, à quelque variété qu'elles appartiennent, sont fortement minéralisées; le taux des cendres atteint facilement 20 % du sec, comme dans les feuilles, que les plantes soient venues en pleine terre ou en milieu artificiel, solide ou liquide. C'est deux fois plus que pour les fourragères adultes, cinq ou six fois plus que pour les sucrières, mais si l'on rapporte les cendres des unes et des autres au seul non-sucre et non pas à la matière sèche totale, ce qui s'impose dans une comparaison avec les petites Betteraves qui n'ont pas encore de sucre, les écarts diminuent de beaucoup, les pourcentages passant de 12 à 27 pour les fourragères, de 3 à 11 pour les sucrières.

La teneur en organates est à la mesure du taux de minéralisation dans les jeunes racines comme partout ailleurs, il ne faut pas moins de 250 à 300cm³ de liqueur acide normale pour saturer l'alcalinité des cendres

issues de 100^g de pulpe sèche, mais l'alcalinité d'un poids donné de cendres est sensiblement la même que dans les Betteraves adultes et correspond, en présence d'hélianthine comme indicateur, à 12^{cm^3} environ de liqueur normale par gramme. Le rapport de la partie soluble des cendres à la partie insoluble ne dépasse pas 3, l'alcalinité de la première est à peine deux fois et demie plus forte que celle de la seconde; en fin de saison les chiffres correspondants sont, en moyenne, 5,5 et 4 pour les fourragères, 1,5 et 1,2 pour les sucrières. Les cendres solubles du plant de Betteraves donnent toujours la réaction des phosphates, la chaux et la magnésie que renferme alors la racine ne suffisent pas à insolubiliser, lors de l'incinération, la totalité de l'acide phosphorique. Il en sera de même pour la Betterave fourragère durant toute la période de végétation, dans les bonnes variétés sucrières, au contraire, tout l'acide phosphorique se retrouve dans la partie insoluble des cendres.

Dès que le saccharose commence à s'emmagasiner dans la racine la physionomie de celle-ci change rapidement, plus vite chez les variétés sucrières que chez les fourragères, la matière sèche augmente, les pourcentages d'azote, de phosphore et de cendres vont en diminuant. La plante a maintenant six feuilles au minimum et sa racine pèse de 150 à 200^{mg}. En même temps que s'affirment ces caractères biochimiques la forme du collet s'ébauche et les anneaux vasculaires se dessinent, plus nombreux chez les variétés sucrières. Il est facile alors de distinguer une Betterave à sucre d'une variété fourragère.

Ultérieurement la divergence ne fera que s'accentuer entre ces types extrêmes de Betteraves de culture, non seulement quant à leur teneur en sucre, mais quant à la composition du non-sucre lui-même, sa minéralisation principalement, beaucoup plus forte chez la fourragère en raison de la moindre importance du feuillage relativement à la souche.

Il s'en faut d'ailleurs que toutes les plantes-racines à réserves hydrocarbonées présentent le même aspect que la Betterave dans la première phase du développement, c'est ainsi que les racines filiformes de Chicorée, d'un poids de 25 à 30^{mg} tout au plus, ont déjà un stock glucidique appréciable, de 15 à 20 % du sec, formé d'un mélange dextrogyre de fructosane et de saccharose. Les Campanulacées à inuline se montrent plus précoces encore et, très jeunes, ont des racines minuscules à suc *lévogyre*, avec les mêmes fructosanes que dans les plantes plus âgées.

PROTISTOLOGIE. — *Sur la systématique de la tribu des Thigmotriches Rhynchoïdés. Les deux familles des* Hypocomidæ *Bütschli et des* Ancistrocomidæ n. fam. *Les deux genres nouveaux*, Heterocoma *et* Parhypocoma. Note (¹) de MM. **Édouard Chatton** et **André Lwoff.**

Nous avons exposé (²) très brièvement les raisons pour lesquelles nous avons subdivisé le sous-ordre des Holotriches Thigmotriches en deux tribus, et nous avons défini la compréhension de celles-ci. Les Rhynchoïdés ou Thigmotriches à trompe (suçoir) y sont représentés comme constitués par les deux familles des *Hypocomidæ* Bütschli et des *Sphenophryidæ* Ch. et Lw. Les relations de ceux-ci avec ceux-là s'affirment de plus en plus étroites.

Par contre, au fur et à mesure que nous progressons dans l'étude des *Hypocomidæ*, nous nous convainquons de la nécessité d'y distinguer entre deux séries de formes.

Tandis que les unes, parasites des Mollusques, sont manifestement issues des Ancistridés, Thigmotriches *Stomatidæ* parasites de ces mêmes animaux, une série d'autres, parasites de Protozoaires sessiles (Péritriches, Acinétiens) et des Ascidies, présentent avec ceux des Mollusques des caractères assez différents pour qu'on puisse les considérer, sinon comme d'une autre origine, du moins comme issues des Thigmotriches Stomatidés par des voies moins directes. C'est aux secondes que doit être réservé le nom d'*Hypocomidæ* dont le type, *Hypocoma parasitica* de Grüber (1884), est parasite des Péritriches coloniaux marins du genre *Zoothamnion*. Il faut sans doute leur identifier l'*Acinetoïdes Greeffii* et l'*Hypocoma zoothamni* de Plate (1888). B. Collin (1907) y a ajouté l'*Hypocoma acinetarum* parasite des Acinétiens *Acineta papillifera* et *Ephelota gemmipara*, et *Hypocoma ascidarium* accompagnant les *Trichophrya salparum* sur des Botrylles.

Rappelons que Bütschli et B. Collin ont fait de ces *Hypocoma*, le premier, des *Acinétiens primitifs*, faisant le passage aux Holotriches, le second, des Acinétiens très évolués, néoténiques, ceci surtout en raison du fait que leur ciliature lui était apparue comme formée d'une série de cinéties en ellipses concentriques et, par conséquent, comme étant du type péritriche.

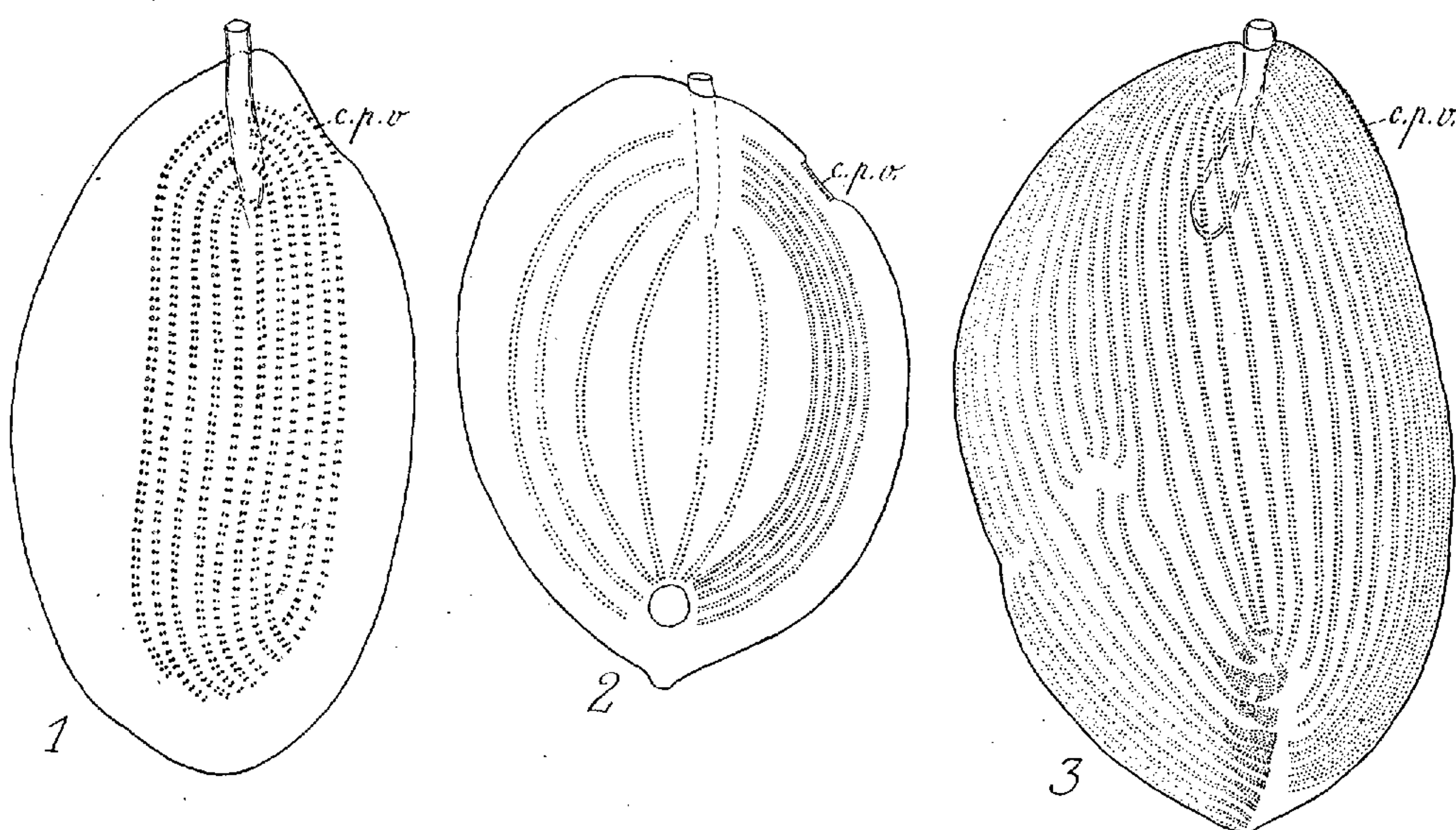
Si divers auteurs et nous-mêmes avons rattaché à ces formes les

(¹) Séance du 28 août 1939.

(²) *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 333.

Thigmotriches à suçoir des Mollusques, c'est que les uns et les autres ont des caractères communs manifestes : 1° l'existence même d'un suçoir antérieur rétractile; 2° l'existence d'une ciliature localisée à l'une des faces et composée, non comme B. Collin l'a écrit, de cinéties en ellipses concentriques (ciliature péritriche), mais de cinéties bipolaires non raccordées les unes aux autres, comme Plate l'avait déjà bien observé; 3° chez quelques formes de chacune des deux séries, l'existence d'un tronçon de cinétie que nous considérons comme le vestige d'une cinétie prostomienne (*c. p. v.*).

Mais il y a aussi, entre les Hypocomidés des Protozoaires et des Ascidies



Hypocoma parasitica Grüber; *Heterocoma hyperparasitica n. g., n. sp.; Parhypocoma Collini n. g., n. sp.*, vus par leurs faces ventrales *c. p. v.* cinétie prostomienne vestigiale.

d'une part, et ceux des Mollusques d'autre part, des différences qui n'existent pas à l'intérieur de ces deux séries et qui nous obligent à limiter aux premiers la compréhension de la famille des *Hypocomidæ* et à créer pour les seconds la famille des *Ancistrocomidæ*.

La définition des deux familles repose sur les caractères différentiels suivants : *Hypocomidæ* Bütschli : Face d'adhérence normalement très aplatie et également ciliée d'avant en arrière, face opposée fortement bombée et dénudée; cinétie vestigiale antéro-latérale droite méridienne courte; toutes les cinéties bilinéaires (à deux files de cinétosomes); suçoir court, à implantation subpolaire, macronucleus en fer à cheval, ingesta volumineux réunis

en bol alimentaire contenu dans une ou deux grosses gastrioles. *Ancistrocomidæ :* Face d'adhérence jamais entièrement plane et à ciliature généralement plus dense en avant qu'en arrière et s'étendant, par contre souvent, aux faces latérales et même dorsale; cinétie vestigiale, quand elle existe, postéro-dorsale oblique hélicoïdale; cinéties généralement simples; suçoir long à implantation polaire. Macronucleus subcylindrique rectiligne ou sphérique. Ingesta contenus dans de très petites gastrioles dispersées.

En réétudiant les *Hypocomidæ s. s.* nous y avons distingué plusieurs formes qui nous paraissent avoir la valeur de genres dont nous donnerons brièvement la définition.

Le genre *Hypocoma* Grüber étant caractérisé comme suit : aire ciliée située dans une dépression de la face d'adhérence, présentant une zone de sécance des cinéties dans sa région postérieure gauche. Cinéties également distantes et de longueur subégale, au nombre de 13 (±1) plus une cinétie vestigiale antérieure gauche très courte. Espèce type : *H. parasitica* Grüber parasite des Péritriches, le genre *Heterocoma nov. gen.* le sera ainsi : corps à face d'adhérence franchement délimitée par un rebord saillant. Ciliature composée de deux systèmes bien distincts de cinéties courbes qui s'affrontent par leurs extrémités antérieures et postérieures : 6 cinéties droites écartées et 5 cinéties gauches très serrées, plus une cinétie vestigiale antérieure gauche très courte. Une fossette circulaire (cytostome vestigial de Collin) à la partie postérieure de la face d'adhérence. Espèce type *Heterocoma hyperparasitica n. sp.*, parasite de *Trichophrya salparum* sur *Salpa democratica*, et le genre *Parhypocoma nov. gen.* : face d'adhérence quelque peu convexe, entièrement ciliée, présentant une trentaine de cinéties, qui partent antérieurement de la base du suçoir et se terminent postérieurement le long d'une ligne où elles s'affrontent presque dans le prolongement l'une de l'autre, mais avec une interruption très nette; celles de gauche ont leurs extrémités élargies du fait que les cinétosomes et les cinétoplastes y sont disposés sur deux ou plusieurs rangs. Pas de fossette postérieure. Cinétie vestigiale gauche antérieure courte et épaisse. Espèce type *Parhypocoma Collini*, *n. sp.* chez *Ascidia mentula* (Roscoff), *Ciona intestinalis*, *Clavelina lepadiformis* (Sète).

ELECTIONS.

Par l'unanimité des suffrages exprimés, MM. **É. Picard**, **L. Lecornu**, **G. Charpy**, **G. Bertrand**, **E. Drach**, **Ch. Maurain**, **É. Jouguet**, **H. Villat**, **P. Lebeau**, **C. Gutton** sont élus membres de la *Commission des Inventions du Centre national de la Recherche scientifique appliquée.*

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** donne lecture des télégrammes suivants :

Istanbul.

Vu situation internationale difficultés communications décidons ajournement Congrès. Prochaine réunion sera ultérieurement annoncée d'accord avec Institut international Anthropologie.

Secrétaire général 18[e] Congrès Anthropologie, Muzaffer Göker.

Washington DC.

Washington General Assembly International Geodetic and Geophysical Union proceeding. Activities confined scientific matters only.

Winthherbotham-Lacour.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur les protidons.* Note de M. **Émile Sevin**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Écrivons l'équation

$$\Delta\psi + \frac{4\pi^2}{h^2 c^2}\left(s\frac{1}{36}m'_0 c^2\right)^2\psi = 0,$$

où m'_0 est la masse du proton et s un nombre entier qui peut prendre les valeurs

$$1,\quad 2,\quad 4,\quad 8,\quad 18,\quad 36,\quad 72,\quad 144,\quad 288,\quad 576,\quad \ldots.$$

L'effet d'un rayonnement cosmique primaire, provenant de protons

libres et constitué de photons dont les énergies répondent à cette équation, peut tout d'abord être étudié eu égard à son action sur les noyaux atomiques, et l'on parvient ainsi à un accord complet avec les résultats obtenus, par MM. I. S. Bowen, R. A. Millikan et H. V. Neher, sur la nature et la distribution des particules matérielles qui pénètrent dans notre atmosphère [1].

Mais la matérialisation de l'énergie des photons primaires permet également de rendre compte de la naissance des particules, qui se manifestent dans l'interaction entre le rayonnement cosmique et l'atmosphère terrestre, et, en admettant que cette naissance s'effectue par paires de particules portant des charges de signes opposés, on voit que l'expression générale des masses possibles m est

$$m = \frac{s}{2}\,\frac{m'_0}{36}. \qquad (1)$$

Pour déterminer la masse la plus probable, recherchons celle qui correspond à la structure quantique la plus simple. Or, en tenant compte de la relation entre les masses respectives m'_0 et m_0 du proton et de l'électron

$$m'_0 = \frac{27}{2}\,137\,m_0 = 1849,5\,m_0,$$

l'unité quantique de moment cinétique $h/2\pi$ peut s'écrire

$$\frac{h}{2\pi} = \left(\frac{3}{2}\,137\right) m_0 c\rho = \frac{1}{9}\,m'_0 c\rho, \qquad (2)$$

où ρ est le rayon classique de l'électron [2]. En éliminant maintenant m'_0 entre les formules (1) et (2), il vient

$$\frac{h}{2\pi} = \frac{1}{9}\,\frac{2\times 36}{s}\,mc\rho,$$

et il s'ensuit que la valeur la plus courante de la masse m doit correspondre à $s = 8$ puisque, dans ces conditions,

$$\frac{h}{2\pi} = mc\rho.$$

---

(1) E. Sevin, *Bulletin astronomique*, **11**, v et vi, 1938, p. 306 à 309; *Physique stellaire, Essai de synthèse*, Paris, 1939, p. 74 à 77.

(2) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 937.

ce qui fait apparaître une structure plus simple même que celle de l'électron ou que celle du proton.

On a alors

$$m = \frac{1}{9} m'_0 = \frac{3}{2} 137 m_0 = 205{,}5\, m_0,$$

en très bon accord avec les meilleurs résultats actuellement connus.

Mais il doit être bien entendu que, tout en étant moins probables, d'autres valeurs de la masse sont possibles. La série suivante peut être réalisée :

$$\frac{205{,}5}{8} m_0, \quad \frac{205{,}5}{4} m_0, \quad \frac{205{,}5}{2} m_0, \quad 205{,}5\, m_0 = \frac{1}{9} m'_0,$$

$$\frac{1849{,}5}{4} m_0 = \frac{m'_0}{4}, \quad \frac{1849{,}5}{2} m_0 = \frac{m'_0}{2}, \quad 1849{,}5\, m_0 = m'_0, \quad 2\, m'_0, \quad \ldots$$

Il est à remarquer que la masse du proton y figure et, les charges des particules pouvant tout aussi bien être positives que négatives, il y a là un encouragement, pour les expérimentateurs, à rechercher le proton négatif.

Enfin, les particules en cause se trouvant être dérivées de protons, par l'intermédiaire des photons primaires, il semble qu'elles devraient normalement être appelées *protidons*.

RAYONS X. — *Mesure des discontinuités d'absorption* K *des éléments* La(57), Ce(58), Pr(59), Nd(60), Sm(62). Note de Mme **Marcel Rouault** (**Simone Boudin**), présentée par M. Jean Perrin.

Les terres rares ont un grand intérêt théorique à cause de leur structure électronique particulière; les données spectroscopiques relatives à ces corps sont presque toutes anciennes et mériteraient d'être connues avec plus de précision.

J'ai mesuré les discontinuités d'absorption K des éléments La, Ce, Pr, Nd et Sm, qui ont été mis à la disposition de notre laboratoire par la Société des Terres rares sous forme d'oxalate, sauf le Ce qui était à l'état de carbonate.

Ayant calculé l'épaisseur la plus convenable des écrans absorbants au moyen de la formule établie par Sandström [1], d'après les lois d'absorption

---

[1] *Zs. für Phys.*, 65, 1930, 632.

de Jönsson [2], j'ai vérifié expérimentalement que l'épaisseur ainsi calculée donnait le maximum de contraste à l'endroit des discontinuités d'absorption. Des écrans bien homogènes ont été préparés en versant une pâte très fine d'oxalate et de carbonate et de Zapon-lac sur une feuille de papier à cigarettes tendue sur une plaque de verre, et laissant sécher; en délimitant la surface de l'écran au moyen d'une plaque de laiton percée d'une fenêtre de surface connue, et en pesant le produit employé, on peut déterminer avec une précision suffisante l'épaisseur de l'écran qui doit correspondre ici à environ $0^g,2$ d'oxalate par centimètre carré.

Le rayonnement a été analysé au moyen d'un spectrographe Cauchois à mica courbé utilisé par transmission. Le plan $\bar{2}01$ du mica donnait une dispersion de 12,8 uX par millimètre en 1er ordre. Avec une tension de 85 à 90 kV et un débit électronique de 8 à 10 mA les temps de pose les plus convenables sont de deux heures. Comme source de fond continu j'ai employé pour La et Ce une anticathode de Cu recouverte d'un épais dépôt électrolytique d'or, et pour les autres corps une anticathode de W.

J'ai superposé au spectre d'absorption (en 2e ordre) les raies d'émission $K\alpha$ (en 1er ordre) des corps suivants : Ru [3] et Pd [4] pour La et Ce, Ag [4] et Rh [4] pour Pr, Rh [4] et Pd [4] pour Nd, Ag [4] et Sn [3] pour Sm. Une grande partie du fond continu de premier ordre qui voile les discontinuités a pu être supprimée en plaçant entre la fenêtre du tube à rayons X et le cristal, contre les écrans de terre rare, un écran absorbant de Zr.

Selon l'usage j'ai pointé les maxima de contraste sur les clichés et les points d'inflexion sur les microphotogrammes. On trouvera dans le tableau I les nombres relatifs aux microphotogrammes (inférieurs de quelques centièmes d'u.x. à ceux des clichés, comme il a été souvent observé). Les valeurs des niveaux énergétiques ont été calculées à partir des fréquences des discontinuités trouvées ici, à l'aide des mesures des spectres d'émission K faites récemment par Ingelstam, chaque fois que cela a été possible, et à défaut, à l'aide des valeurs [3] admises pour les spectres d'émission K et L.

On voit d'après le tableau II que le processus d'absorption K doit mettre

---

(2) *Dissertation, Uppsala Univ. Arsskrift*, 1928.
(3) Siegbahn, *Spektroskopie der Röntgenstrahlen*, 2te Auflage, 1931.
(4) Elg, *Z. f. Phys.*, 106, 1935, p. 315.
(5) E. Ingelstam, *Nova Acta Regiæ Soc. Sci. upsaliensis*, 1937.

en jeu un niveau final extérieur à $O_{II,III}$. On sait que pour les éléments considérés la couche électronique $O_{II,III}$ sur laquelle une transition à partir du niveau K serait permise par les règles de sélection, est complète.

TABLEAU I.

	λ (u.x.) d'après			D'après l'auteur.	
Éléments.	Cabrera [3].	Leide [3].	l'auteur.	ν/R.	$\sqrt{\nu/R}$.
57 La........	318,6	318,14	$317,7_8$	$2867,6_1$	53,55
58 Ce........	306,5	306,26	$305,8_5$	$2979,4_6$	54,58
59 Pr........	295,1	–	$294,5_7$	$3093,5_5$	55,61
60 Nd........	284,6	284,58	$283,9_4$	$3209,3_7$	56,65
62 Sm........	264,4	–	$264,0_9$	$3450,6_0$	58,74

TABLEAU II. — *Fréquences des niveaux en ν/R.*

	57 La.	58 Ce.	59 Pr.	60 Nd.	62 Sm.
L_I...........	$462,2_8$	$483,1_6$	$504,1_4$	$525,1_4$	$572,0_3$
L_{II}...........	$434,4_6$	$454,7_2$	$475,1_5$	$495,3_8$	539,4
L_{III}...........	$404,4_7$	$422,2_6$	$440,1_0$	$457,5_6$	495,1
M_I...........	$98,9_3$	$106,3_3$	$111,8_6$	$116,3_2$	$127,5_1$
M_{II}...........	$89,3_4$	$94,3_9$	$99,2_7$	$103,5_8$	115,7
M_{III}...........	$83,3_9$	$87,9_6$	$92,2_5$	$95,8_7$	106,5
M_{IV}...........	$63,3_0$	$67,2_1$	$70,8_3$	$73,9_5$	$82,1_2$
M_V...........	$61,8_0$	$65,8_8$	$69,3_2$	$72,3_0$	$79,9_4$
N_I...........	$20,4_5$	$21,9_9$	$23,1_8$	$23,5_1$	$25,9_7$
N_{II}...........	$17,4_9$	$18,5_8$	$19,3_7$	$18,1_5$	$21,7_1$
N_{III}...........	$14,9_5$	$16,1_2$	$16,6_8$	$16,7_6$	$20,3_1$
$N_{IV,V}$...........	$7,7_4$	$8,4_5$	$9,2_0$	$8,9_7$	$9,8_9$
O_I...........	$3,0_7$	$3,4_8$	$3,5_3$	$2,9_0$	$3,1_3$
$O_{II,III}$...........	$1,7_3$	$1,7_5$	$2,1_5$	$1,6_6$	$3,6_6$

CHIMIE NUCLÉAIRE. — *Sur la détonation de l'iodure d'azote sous l'action des fragments nucléaires de l'uranium bombardé par des neutrons. Essais sur d'autres explosifs.* Note de MM. **Paul Fabre**, **Claude Magnan** et **Henri Muraour**, transmise par M. Maurice de Broglie.

Récemment E. Feenberg [1] a obtenu la détonation de l'iodure d'azote sous l'action des fragments nucléaires de l'uranium bombardé par des neutrons. Les temps d'exposition nécessaires étaient de 40 minutes pour

(1) *Phys. Rev.*, 55, 1939, p. 980.

une source de neutrons de 200^{mc} (Rn + Be). Cet effet de détonation a pu de même être obtenu par M. Haissinsky et R. J. Walen ([2]) en exposant de l'iodure d'azote à une source de polonium de 25 u. e. s. pendant 21 minutes. Il nous a semblé intéressant de reprendre les expériences de E. Feenberg, en utilisant le générateur de neutrons de 20^{g} (Rn + Be) du laboratoire de Recherches sur les Rayons X et la Physique atomique et de les étendre à des explosifs connus. Cette dernière étude a été déjà faite par MM. Francis Perrin et H. Muraour avec une source beaucoup plus faible.

Les premiers essais furent menés en mélangeant de l'oxyde noir d'urane à la dissolution d'iode dans l'iodure de potassium dans la proportion de 2 à 1, avant le traitement par l'ammoniaque. Dans ces conditions, les échantillons du mélange commencent à détoner sans neutrons, après 20 minutes de séchage, alors que l'iodure d'azote préparé séparément reste intact pendant plusieurs heures. Ceci doit être attribué aux particules α de l'uranium, comme on pouvait s'y attendre après les expériences de M. Haissinsky et R. J. Walen.

Pour les échantillons d'une même préparation le temps d'éclatement a pu être réduit de moitié en soumettant le mélange à l'action d'un rayonnement de 6000 neutrons par seconde, c'est-à-dire en le plaçant à 1^{m},50 du générateur.

Afin d'éviter l'indétermination sur le temps d'éclatement sous l'action des particules α suivant la durée du séchage, nous avons préféré utiliser des échantillons d'iodure d'azote ayant subi un séchage de 2 h. 30 min. et les saupoudrer d'oxyde noir d'urane. La sensibilité aux particules α est alors beaucoup plus faible. Dans ces conditions la préparation saute en 1 seconde en présence de la cible, pour une puissance équivalente à 20^{g} (Rn + Be).

Dans le but de nous assurer que l'éclatement de l'iodure d'azote était bien dû au mécanisme de la brisure du noyau d'uranium, nous avons cherché les temps de détonation suivant diverses puissances en neutrons du générateur. Le tableau indique les temps d'éclatement T d'une préparation de surface donnée (1$^{cm^2}$,5) recouverte d'un poids déterminé d'oxyde noir d'urane correspondant au parcours maximum des fragments dans l'oxyde, en fonction de l'intensité du générateur exprimée en neutrons par seconde pour un angle solide de 2π. Le tableau indique aussi le nombre N

([2]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 2067.

de noyaux d'uranium brisés par seconde dans la préparation et le rendement ρ entre les brisures d'uranium et les éclatements de l'iodure d'azote.

Puissance du générateur.	T.	N.	ρ.
5.10^7 n/sec............	18	0,6	0,09
$2,4.10^8$ n/sec............	2	3	0,16
4.10^8 n/sec............	1	5	0,2

Les mesures faites par l'un de nous ([3]) avec une chambre d'ionisation et un amplificateur proportionnel permettent en effet d'évaluer les brisures des noyaux d'uranium à 60 par seconde et par gramme d'oxyde noir d'urane en présence de 4.10^8 neutrons par seconde. On voit que le rendement est nettement supérieur à celui indiqué par Feenberg (0,0008). La différence peut être due à l'influence du temps de séchage. Des essais d'éclatement en présence des neutrons lents seuls furent tentés. Trois éclatements pour des temps de 50 sec., 1 min., 2 min. 30 sec. furent obtenus. Trois échantillons de même provenance donnèrent des résultats négatifs. Les échantillons ne sautèrent pas pendant plusieurs heures. Ces essais ne permettent pas une conclusion et seront repris.

Les explosifs suivants furent essayés, mélangés à de l'oxyde noir d'urane: azoture de plomb, perchlorate de diazo-méta-nitraniline, peroxyde d'hexaméthylène tétramine, trinitro-triazido-benzine, fulminate de mercure. Ils donnèrent tous des résultats négatifs pour des temps d'exposition de 30 minutes à 4.10^8 neutrons par seconde. En moyenne ils subirent dans la préparation, 5 brisures d'uranium par seconde. Pour l'azoture de plomb, nous avons irradié 1^g d'azoture avec 2^g d'oxyde noir d'urane, renfermés dans une bombe, pendant 30 minutes.

Le résultat fut aussi négatif. Ceci correspond à un rendement inférieur à 0,000018, au cas où une telle explosion serait possible.

Dans le but d'étendre ceci à la bipartition de l'or, que l'un de nous avait trouvée, nous avons utilisé de l'or fulminant. L'or fulminant n'éclate ni sous l'action des particules α, ni sous l'action de l'oxyde noir d'urane, ni sous l'action possible de la rupture de l'or. Nous avons cherché à utiliser l'iodure d'azote comme réactif sensible de rupture nucléaire pour l'or. L'essai ne donna rien, car l'or détruit l'iodure d'azote.

([3]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 742.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage des fonctions alcool et phénol.* Note (¹) de MM. **Élie Raymond** et **Émile Bouvetier**, transmise par M. Marcel Delépine.

Le dosage des fonctions alcool et phénol est demeuré longtemps fort peu commode comme en témoigne la multiplicité des méthodes successivement proposées. Récemment ont été mis au point divers procédés [acétylation pyridinée; emploi du chlorure de trityle (²)], qui ont simplifié ce problème mais ne peuvent s'appliquer dans tous les cas. La méthode ici décrite complétera les précédentes.

Nous avons constaté depuis longtemps qu'il est possible de doser les groupes hydroxylés en déterminant alcalimétriquement le nombre de molécules d'acide chlorhydrique dégagées dans la réaction de ces groupements sur les chlorures d'acides de poids moléculaires suffisamment considérables, qui ont une tension de vapeur très faible et ne sont pas entraînés au cours du dosage. Nous avons choisi les chlorures d'acides aliphatiques supérieurs qui réagissent assez rapidement et que l'on obtient sans peine à l'état pur : ceux des acides laurique et myristique possèdent des tensions de vapeur encore trop élevées, mais les chlorures palmitique et surtout stéarique conviennent parfaitement; il est même possible d'employer les chlorures provenant des mélanges commerciaux d'acides palmitique et stéarique.

Le chlorure de stéaryle se prépare aisément en introduisant l'acide (1^{mol}) dans du chlorure de thionyle (2^{mol}). Ce chlorure gras ne peut être purifié par distillation dans le vide car il se décompose dès 140°, mais on en chasse facilement l'excès de chlorure de thionyle par entraînement dans un courant de tétrachlorure de carbone surchauffé à 100-110°.

La réaction de dosage exige un solvant stable, facile à sécher, sans action sur le chlorure d'acide et dont le point d'ébullition soit voisin de 100°; nous avons adopté le tétrachlorure de carbone et la benzine qui répondent à ces conditions.

Pour effectuer une opération il est commode d'utiliser un ballon de pyrex pourvu d'un bouchon rodé de grand diamètre qui porte un réfrigérant latéral et un tube abducteur d'air plongeant jusqu'au fond du ballon (appareil analogue à celui de Zeisel); on y place environ 50^{cm^3} de tétrachlo-

(¹) Séance du 7 août 1939.

(²) Sabetay, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1164.

rure de carbone ou de benzine parfaitement sec, puis le chlorure d'acide (1/15e de molécule environ). Des traces d'humidité, toujours présentes, produisent un léger dégagement d'acide chlorhydrique que l'on chasse en introduisant quelques minutes un courant d'air sec dans le mélange bouillant. On y verse ensuite rapidement un poids convenable de matière hydroxylée (contenant 0,01 à 0,02 OH), puis l'on fait bouillir doucement le mélange agité par un courant d'air sec dont le débit ne doit pas excéder 50^{cm^3}/minute pour ne pas entraîner le solvant. L'acide chlorhydrique, recueilli par simple barbotage dans 100^{cm^3} d'eau, est dosé avec une solution de soude N/2.

Pour apprécier la généralité de ce procédé nous avons examiné des substances très différentes : le tableau ci-dessous donne quelques exemples.

Nous rappelons que l'indice d'hydroxyle d'une substance indique le nombre de groupements OH (c'est-à-dire de fonctions alcools, phénols, ou acides) contenus dans 100^g de cette matière.

Substance.	Poids utilisé.	Indice d'hydroxyle trouvé.	Indice d'hydroxyle calculé.	Erreur relative %.
		Alcools.		
Éthylique	0,5	2,16	2,17	—0,5
Butylique primaire	0,8	1,35	1,35	0
» secondaire	0,8	1,37	1,35	1,5
» tertiaire	0,8	1,32	1,35	—2,2
Isoamylique	0,7	1,137	1,137	0
Cétylique	3	0,412	0,413	—0,25
Stéarique	3	0,37	0,37	0
Benzylique	1	0,93	0,925	0,5
Cyclohexanol	1	1	1,00	0
		Phénols.		
Phénol	0,8	1,07	1,06	1
Ortho crésol	1	0,93	0,927	0,3
Résorcine	0,5	1,82	1,82	0
Naphtol	1,5	0,7	0,694	0,9
Thymol	1,5	0,67	0,67	0

Produits naturels hydroxylés.

		Trouvé par la méthode décrite.	Trouvé par les méthodes classiques.	
Huile de ricin	3,5	0,30	0,30	0
Essence de géranium d'Afrique	3	0,35	0,35	0

On dose ainsi rapidement les alcools primaires et la plupart des alcools secondaires (en une heure environ). Les alcools tertiaires et les phénols réagissent plus lentement : le dosage pouvant durer quatre heures dans le cas de certains phénols.

La glycérine et les polyols, insolubles dans les solvants que l'on peut utiliser, ne peuvent être dosés par cette méthode.

La présence d'éthers sels ne gêne nullement, mais il faut éviter celle des amines qui fournissent lentement mais quantitativement des amides substituées et de l'acide chlorhydrique.

Les carboxyles des acides organiques réagissent aussi quantitativement en fournissant un nombre égal de molécules d'acide chlorhydrique (la réaction dure environ deux heures en partant des quantités indiquées). Il en est de même des hydroxyles de l'eau. Il est donc nécessaire de ne traiter que des substances parfaitement sèches, neutres ou d'acidité connue. Dans ce dernier cas le nombre d'hydroxyles alcooliques ou phénoliques s'obtient en retranchant l'acidité primitive de la substance du nombre total de fonctions acides données par le dosage.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur deux β-acétyldécahydronaphtalènes isomères.* Note de Mlle **Germaine Cauquil**, présentée par M. Marcel Delépine.

La décaline (Schuchardt purissim) distillée à la pression atmosphérique avec une colonne suffisamment sélective passe sans point d'ébullition fixe, entre 185° et 193°; ce produit (obtenu par hydrogénation catalytique au nickel) est constitué par un mélange de *cis* et de *trans* décahydronaphtalène; d'après Hückel [1] la *trans*-décaline bout à 185° et la *cis*-décaline à 193°.

Suivant le procédé de chloruration indiqué par Leroux [2] et appliqué par Borsche et Lange [3], nous avons préparé les β-chlorodécalines par action du chlore sur le mélange de décalines, dans des conditions bien déterminées. Après fractionnement dans le vide, on isole un composé à point d'ébullition moyen sous 18^{mm} de 115° et auquel ses propriétés physiques (D_4^{24} 1,0315; n_{6893}^{25} 1,4989; R. M. trouvée 49,09; calculée pour $C^{10}H^{17}Cl$, 48,84) et le dosage du chlore (Cl % trouvé 20,38; calculé 20,57)

---

(1) *Ann. der Chem.*, 441, 1925, p. 1-48.
(2) *Comptes rendus*, 139, 1904, p. 674.
(3) *Ann. der Chem.*, 434, 1923, p. 224.

permettent d'attribuer la formule de la mono-chloro-décaline. Perrero et Fehlmann (4) indiquent que le produit Eb_{18} 112°-125° correspond uniquement à de la β-mono-chloro-décaline; nous devons avoir un mélange de dérivé *cis* (Eb_{18} 110°-112°) et dérivé *trans* (Eb_{18} 120°-122°).

Si l'on fait réagir ce composé en solution dans l'éther absolu sur le magnésium, on arrive à la formation d'un organomagnésien, qui mis en présence d'aldéhyde éthylique, et après traitement approprié, permet de séparer par distillation fractionnée et entre autres produits, un liquide $Éb_{14}$ 136°-138°, constituant 45 % environ du distillat, qui a une composition correspondant à celle d'un méthyldécahydronaphtylcarbinol : (C % trouvé 79,65; calculé 79,12; H % trouvé 11,97; calculé 12,08; D_4^{16} 0,9805; n_{5893}^{16} 1,49334; R. M. trouvée 54,06; calculée 54,74).

L'essai de fractionnement des phtalates et des phényluréthanes n'ayant pas donné de résultats satisfaisants, nous avons fait une oxydation chromique en milieu acétique qui permet d'isoler un liquide bouillant à 128°-132° sous 13^{mm} dont la composition globale : (C % trouvé 79,84; calculé 80; H % trouvé 11,34; calculé 11,11) est celle des β-acétyl-décahydronaphtalènes. Ce mélange cétonique soumis à l'action du chlorhydrate de semicarbazide et de l'acétate de sodium abandonne des semicarbazones séparables en partie par différence de solubilité dans l'alcool absolu.

En effet, une semicarbazone se sépare par refroidissement de la solution dans l'alcool éthylique; son point de fusion est de 242°; la fraction très soluble dans l'alcool, même à froid, est purifiée par cristallisations dans la ligroïne et l'acétone; on a ainsi une semicarbazone F. 196°.

Il semble bien que ces deux semicarbazones correspondent à deux des β-acétyldécalines stéréoisomères possibles.

Les dosages d'azote ont, d'une part, confirmé cette opinion :

		N %	
	F.	trouvé.	calculé.
Semicarbazone	242°	17,84	17,72
»	196°	17,74	17,72

D'autre part, Darzens et Leroux (5) ont signalé l'obtention par une méthode toute différente d'une méthyldécahydronaphtylcétone donnant

(4) *Helv. Chim. Acta*, **11**, 1928, p. 768.
(5) *Comptes rendus*, **154**, 1912, p. 1814.

une semicarbazone F. : 241° qui correspond à un des deux isomères que nous avons obtenus. L'action de l'aldéhyde éthylique sur le magnésien de la β-chlorodécaline *trans* donne un alcool, dont l'oxydation chromique conduit aussi en majeure partie à ce composé.

Les deux cétones A et B régénérées des semicarbazones pures présentent les propriétés physico-chimiques suivantes : β-acétyldécahydronaphtalène A : Eb_{22} 142°-143°; F. 27°; n_{5893}^{27} 1,4789; d_4^{27} 0,9542; R. M. trouvée 53,39, calculée 53,22; γ_{27} : 39 dynes/cm; parachor trouvé 472, calculé 455; semicarbazone F. 242°; oxime F. 104°.

β-acétyldécahydronaphtalène B : Eb_{22} 138°, n_{5893}^{27} 1,48348; d_4^{27} 0,9710; R. M. trouvée : 53,01, calculée 53,22; γ_{27} : 39,4 dynes/cm; parachor trouvé 463; semicarbazone F. 196°; oxime liquide.

Ces recherches sont poursuivies et étendues à d'autres composés de cette série.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur l'alliage* Mn Bi.

Note de MM. **Raymond Hocart** et **Charles Guillaud**.

Nous avons examiné aux rayons X un alliage de formule Mn Bi préparé par l'un de nous.

L'étude des diagrammes de poudres soit orientées, soit non orientées, a montré que la structure de cette phase est, comme celle de la phase Mn Sb, du type Ni As.

Le réseau sénaire est caractérisé par les paramètres absolus

$$a_0 = 4,3_0\ \text{Å}; \quad c_0 = 6,1_2\ \text{Å}.$$

La maille-période, à base rhombe, contient deux atomes Mn et deux atomes Bi, dont les coordonnées relatives sont

$$\text{Mn} : 000, 00\frac{1}{2}; \quad \text{Bi} : \frac{1}{3}\frac{2}{3}\frac{1}{4}; \quad \frac{2}{3}\frac{1}{3}\frac{3}{4}.$$

La plus courte distance de deux atomes Mn est donc égale à $3,0_6$ Å, et la plus courte distance Mn Bi à $2,9_2$ Å.

L'étude des propriétés physiques de la phase MnBi est poursuivie actuellement par M. Guillaud.

MINÉRALOGIE. — *Sur la lautite*, Cu As S.
Note de MM. **René Weil** et **Raymond Hocart**.

L'exploitation actuelle de la mine Gabe Gottes, près de Sainte-Marie-aux-Mines, a permis de retrouver ce minéral fort rare qu'est la lautite (découverte en 1880 à Lauta en Saxe par Frenzel). Trouvée en 1907 au niveau —40, en 1938 c'est au niveau —27, galerie ouest, qu'on l'a rencontrée, dans des conditions paragénétiques tout à fait analogues (association avec arsenic, cuivre gris, chloanthite, rammelsbergite, löllingite, proustite et xanthoconite). La lautite forme fréquemment des bouquets de cristaux pouvant atteindre 6^{cm} de long et 6 ou 7^{mm} de large, complètement inclus dans l'arsenic; nous n'avons trouvé qu'un cristal isolable, de quelques dixièmes de millimètre, non mesurable au goniomètre mais utilisable aux rayons X.

L. Dürrfeld (1) avait placé cette substance dans le groupe de la marcasite, d'après sa composition chimique (2) et ses paramètres cristallographiques $a:b:c = 0{,}69124:1:1{,}0452$. Ces données permettaient d'établir l'individualité de la lautite; il s'y est ajouté l'existence des clivages propres à cette espèce (3) et ses caractères chalcographiques (4).

Cependant le rapprochement avec le groupe de la marcasite avait paru peu vraisemblable à un minéralogiste aussi averti que H. Ungemach, qui avait remesuré l'unique cristal (groupement) de Dürrfeld, mais n'avait pu que reconnaître l'excellence des mesures de cet auteur. Par ailleurs l'examen aux rayons X fait par de Jong (5) ne montrait aucune analogie entre les radiogrammes de marcasite et de lautite.

Les caractères saillants de la lautite sont d'une part un clivage pinacoïdal (001) facile et parfait, parallèle à l'allongement des cristaux, accompagné de deux autres clivages beaucoup moins faciles et beaucoup plus irréguliers, propriété n'existant pas sous cette forme dans le groupe de la marcasite, et d'autre part des macles fines et répétées, présentant l'allure de groupements pseudoternaires ou pseudosénaires, très ressem-

(1) *Mitt. Geol. Landesanstalt Els.-Lothr.*, 7, 1911, p. 121.
(2) *Ibid.*, 6, 1907, p. 249.
(3) L. J. Spencer, *Enargite* (*Min. Magazine*, 11, 1895, p. 78).
(4) J. Orcel, Note sur les caractères optiques des minéraux opaques. *Bull. Soc. fr. Min.*, 51, 1928, p. 197; Schneiderhohn u. Ramdohr, *Lehrb. d. Erzmikroskopie*, Berlin, 1931.
(5) De Jong, *Strukturbericht*, Leipzig, 1928.

blantes aux macles répétées de la blende ou plus encore de la chalcopyrite. Un troisième caractère, plus subjectif, est l'éclat du clivage pinacoïdal, très différent de celui des sulfures du type marcasite qui est franchement métallique, tandis que celui du clivage frais de lautite ressemble plus à celui des blendes très foncées.

Cet ensemble de caractères incitait à comparer les radiogrammes de lautite à ceux du groupe blende-chalcopyrite-cuivre gris.

Notre étude aux rayons X a porté sur des échantillons provenant de Sainte-Marie (petit cristal, lamelles de clivage, poudre) et de Lauta (poudre).

Le diagramme de poudre se différencie nettement de ceux du groupe de la marcasite. En revanche, il s'apparente à celui de la blende (et de la chalcopyrite), car toutes les raies intenses de la lautite sont en coïncidence approchée avec des raies fortes de la blende. Les diagrammes de cristal oscillant permettent d'expliquer numériquement ce fait par la comparaison des réseaux de ces deux espèces.

La lautite a pour paramètres absolus

$$a_0 = [100] = 3{,}7_8\,\text{Å}, \qquad b_0 = [010] = 5{,}4_7\,\text{Å}, \qquad c_0 = [001] = 11{,}4_7\,\text{Å}.$$

Ces nombres sont entre eux comme les paramètres cristallographiques, à condition de *doubler l'axe c de Dürrfeld;* ils correspondent donc à peu près à la suite : $1/\sqrt{2} : 1 : 3/\sqrt{2}$. D'autre part, le paramètre $b_0 = 5{,}4_7$ Å est très voisin du paramètre $a'_0 = 5{,}42$ Å de la blende.

De ces deux remarques il résulte que le réseau orthorhombique de la lautite peut se déduire d'un réseau cubique à faces centrées ayant les dimensions de celui de la blende. Les axes a_0 et b_0 de la lautite ont les directions respectives et les paramètres absolus des rangées [101] et [010] du cube à faces centrées, l'axe c_0 ayant la direction de la rangée $[\bar{1}01]$ et un paramètre triple de celle-ci (l'écart relatif sur les valeurs numériques est de l'ordre de 1 %). Le volume de la maille-période de la lautite vaut environ 1,5 fois celui de la blende; il contient 4 fois le motif CuAsS, soit 12 atomes.

Par suite de cette correspondance réticulaire, le clivage basal (001) de la lautite a pour notation (101) dans le réseau cubique sous-jacent, s'apparentant ainsi au clivage dodécaédrique de la blende; quant au plan de macle (110) de la lautite, il se note (111) dans le réseau cubique associé, et rappelle la macle (111) de la blende.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence du Dévonien inférieur en Guinée française.* Note de M. **Enzo de Chételat**, présentée par M. Charles Jacob.

J'avais indiqué (¹) l'extension considérable du Gothlandien schisteux dans l'Ouest de la Guinée et l'existence d'une série gréseuse stérile, faisant suite aux schistes gothlandiens fossilifères. Me basant sur la très grande ressemblance lithologique entre les formations subhorizontales de Guinée et la série classique du Sahara occidental et central (Ordovicien et termes supérieurs), étudiée par les géologues sahariens (Kilian, Bourcart, Menchikoff, Monod, Jacquet, etc.), j'avais émis l'hypothèse de l'existence d'un Dévonien inférieur gréseux en Guinée.

Poursuivant mes recherches en Guinée cette année, j'ai pu reconnaître deux gisements fossilifères dans les grès et les quartzites supérieurs, formations qui reposent sur les schistes gothandiens à Graptolithes.

A la confluence des rivières Misa et Bankou près du village de Tian-Tian (Canton de Kébou, Subdivision de Télimélé), les couches gréseuses ont été ravinées et entraînées par le courant. Certains blocs de grès compact fournissent *Trigeria* aff. *Guerangeri* de Vern. et d'autres Brachiopodes indéterminables. A une vingtaine de kilomètres plus au Sud-Est de cette localité, dans la falaise de Fofokouré, j'ai trouvé dans un grès saccharoïde des empreintes qui pourraient se rapporter aux genres *Meganteris* et *Amphigenia*.

Ces fossiles, soumis à M. Mailleux, Conservateur au Muséum de Bruxelles, « semblent bien appartenir au Dévonien inférieur ».

L'hypothèse émise de l'existence du Dévonien inférieur en Guinée tend ainsi à se confirmer. Cette découverte prouve également qu'après le Gothlandien, le régime marin continue, avec passage d'un faciès schisteux à un faciès gréseux prédominant. Les conditions deviennent moins profondes; des grès à ripple-marks se montrent dans ces grès supérieurs, indiquant peut-être une tendance à l'émersion.

(¹) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 371.

PHARMACODYNAMIE. — *Action de l'insuline sur la chronaxie du pied d'escargot.* Note de M. **Raymond Cahen**, présentée par M. Marc Tiffeneau.

On sait que l'insuline, à côté de son action hypoglycémiante, exerce un effet stimulant sur le cœur isolé des pœcilothermes (1) et un effet dépresseur sur l'intestin isolé (2); mais le mécanisme de cette action n'est pas encore élucidé; on peut même se demander si celle-ci est due à l'hormone elle-même ou à une impureté contenue dans ses solutions commerciales. J'ai entrepris sur un autre muscle lisse, le pédieux de l'escargot, l'étude chronaximétrique de l'insuline en recourant à un produit cristallisé, chimiquement pur. Cette recherche, déjà abordée sur le muscle strié, avait donné des résultats contradictoires. J. Olmsted (3) ne trouvant aucune modification des paramètres de l'excitabilité sur la grenouille alors que H. Reiners (4) observe une diminution puis une augmentation de la chronaxie chez le lapin. J'ai pu constater, non seulement que l'insuline élève la chronaxie, mais que cet effet n'est pas persistant malgré le maintien de la préparation en contact avec l'hormone, ce qui peut expliquer la divergence des résultats antérieurs.

1° *Action de l'insuline sur la chronaxie.* — Après avoir déterminé au moyen de l'appareil de Lapicque la rhéobase et la chronaxie du pédieux d'escargot et vérifié leur stabilité, on place ce muscle, pendant 15 minutes, dans des solutions d'insuline de concentration variant de 0,1 unité à 2 unités par préparation, puis l'on répète cette mesure. Dans tous les cas, on constate que l'insuline augmente la chronaxie de 60 % pour 0,2 unité et de 200 % pour 1 unité; dans la plupart des cas elle élève également la rhéobase.

Au cours de ces déterminations on observe, en outre, que le pédieux plongé dans la solution d'insuline, se gonfle de façon moins intense que les témoins mis en contact d'une solution de Ringer. La détermination du taux d'imbibition de ces organes selon la technique de Lapicque montre que celle-ci est moindre avec la solution d'insuline qu'avec le soluté de Ringer pur. Il semble donc que l'insuline puisse être rangée parmi les poisons glioscléríques de Lapicque, ce qui conduit à admettre que l'effet

(1) M. Tiffeneau, D. Broun et A. Beaune, *Vol. jub. Lina Stern*, 1933, p. 148.
(2) R. Cahen, *C. R. Soc. Biol.*, **130**, 1939, p. 119.
(3) *Arch. int. Physiol.*, **30**, 1931, p. 202.
(4) *Klin. Woch.*, **1**, 1936, p. 199.

dépresseur de cette hormone sur le muscle lisse résulte d'une action directe sur le gliode.

2° *Cessation spontanée de l'action de l'insuline.* — Si l'on prolonge le contact du pédieux d'escargot avec la solution d'insuline à concentration moyenne (0,20 unité par 10^{cm^3}), on constate que l'effet modificateur qu'exerce le poison sur la rhéobase et la chronaxie n'est pas durable et diminue malgré un contact permanent de l'organe avec le liquide d'immersion. Ainsi, lorsque l'on effectue la mesure de la chronaxie de l'insuline toutes les 15 minutes, on constate que ce paramètre, après s'être accru comme on l'a exposé plus haut, décroît progressivement après 35 à 50 minutes, et tend même à reprendre sa valeur initiale après 45 à 65 minutes. Cette cessation des effets de l'insuline n'est pas due à une destruction de celle-ci, car le liquide ayant servi à l'étude chronaximétrique est encore efficace sur un autre muscle. De plus, le pédieux, qui n'est plus influencé par l'insuline du bain, reste influençable par l'addition d'une nouvelle quantité d'insuline qui élève à nouveau la chronaxie. On observe également que l'élévation de la chronaxie peut se produire encore lorsque, dans la première expérience ci-dessus, on procède au lavage du muscle au moment où il est revenu à sa valeur chronaxique initiale. Ces faits, qui concordent avec ceux observés par Régnier sur les troncs nerveux cocaïnisés ([5]), confirment que, dans ses effets sur le muscle lisse, l'insuline se comporte comme un poison potentiel ([6]).

A 15^h35^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 15^h50^m.

A. Lx.

([5]) J. Régnier, B. Briolet et A. Quevauviller, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 93; J. Régnier, Gavaudan et A. Quevauviller, *C. R. Soc. Biol.*, 131, 1939, p. 65; J. Régnier, R. David et S. Bayen, *C. R. Soc. Biol.*, 131, 1939, p. 227; J. Régnier et A. Quevauviller, *Arch. exp. Path. Pharm.*, 193, 1939, p. 72.

([6]) M. Tiffeneau, *Kongress-Bericht* I *du* 16e *Congrès International de Physiol. Zurich*, 1938; W. Straub; *Pflüger's Arch.*, 119, 1907, p. 127; M. Tiffeneau et H. Scheiner, *Bull. Acad. Méd.*, 120, 1938, p. 15; R. Cahen, *loc. cit.*

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 SEPTEMBRE 1939.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE BÉHAL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Comportement des isomères* cis *et* trans *dans la déshydratation des méthyl-*1 *cyclopentanediols-*1-2 *et dans la déshalogénation des halohydrines correspondantes.* Note de MM. **Marc Tiffeneau** et **Georges Vaissière.**

Les différences réactionnelles que présentent les composés *cis* et *trans* en série cyclanique ont été signalées par de nombreux auteurs. Celles que nous nous proposons d'examiner dans cette Note concernent la déshydratation des cyclopentanediols et la déshalogénation magnésienne des chlorhydrines correspondantes.

Cette question a déjà été abordée et résolue, en ce qui concerne la série cyclohexanique, non seulement pour les glycols bisecondaires, secondaires tertiaires (¹) et bitertiaires (²), mais aussi pour leurs chlorhydrines (³). Il a été constaté que, dans la déshydratation des glycols bisecondaires, notamment pour le cyclohexanediol (¹), et dans la déshalogénation (⁴) des halohydrines correspondantes ou homologues, les isomères *cis* con-

(¹) Tiffeneau et Tchoubar, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1624.
(²) Bartlett et Pöckel, *J. Am. Chem. Soc.*, 59, 1937, p. 820.
(³) Tiffeneau et Tchoubar, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 360; Tiffeneau, *Bull. Soc. Chim.*, 5ᵉ série, 3, 1936, p. 1970.
(⁴) Cette déshalogénation a été généralement réalisée par les éthérates magnésiens (³); mais elle donne lieu à des différences analogues entre les isomères *cis* et *trans* lorsqu'on la réalise avec la soude (Bartlett, *J. Am. Soc.*, 56, 1934, p. 1990; 57, 1935, p. 224) ou simplement par ébullition avec l'eau alcoolisée (Godchot, Mousseron et Granger, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 748; *Bull. Soc. Chim.*, 5ᵉ série, 2, 1935, p. 1101).

duisent à la cyclohexanone (ou à ses homologues), probablement par un mécanisme vinylique, tandis que les isomères *trans* sont transformés en aldéhyde cyclopentylformique (ou ses homologues) par une transposition hydrobenzoïnique comportant un raccourcissement du cycle dû à la migration d'un de ses chaînons. Des différences analogues s'observent dans la déshydratation des cyclohexanediols secondaires tertiaires et dans la déshalogénation des halohydrines correspondantes ([3]); toutefois ces différences sont moins tranchées car, dans chacune de ces réactions, les deux mécanismes réactionnels signalés ci-dessus, ou un troisième mécanisme (semipinacolique) peuvent se produire simultanément; mais l'un deux est prépondérant dans le cas des isomères *cis*, alors que c'est l'inverse pour les isomères *trans*.

Dans la série cyclopentanique, on pouvait s'attendre à ce que les mécanismes avec raccourcissement de cycle ne se produisent pas et que les différences signalées ci-dessus n'existent plus.

Il a été constaté en effet, soit dans la déshalogénation argentique ([5]) de l'iodhydrine du cyclopentanediol, soit dans la déshalogénation des chlorhydrines *cis* et *trans* du cyclopentanediol par la soude à froid ou par l'eau alcoolisée à chaud, que cette déshalogénation ne s'accompagne pas, pour les dérivés *trans*, de transposition avec raccourcissement de cycle; on a néanmoins observé, notamment avec la soude à froid ([6]), que le dérivé *cis* conduit à une cyclopentanone et le *trans* à un époxyde. Toutefois, dans cette série, la déshydratation des glycols n'a pas été étudiée, sauf dans le cas d'un glycol bitertiaire, le diméthylcyclopentanediol (Bartlett et Pöckel, *loc. cit.*), dont les isomères *cis* et *trans* ([7]) se sont également montrés d'un comportement différent dans leur déshydratation par l'acide sulfurique dilué à chaud.

Quant à la déshalogénation magnésienne des halohydrines correspondantes, elle n'avait été examinée que dans un cas ([6]). Mitchovitch ([8]), en

---

([5]) Tiffeneau, *Comptes rendus*, 159, 1914, p. 771; Tiffeneau et Tchoubar, *ibid.*, 205, 1937, 1413.

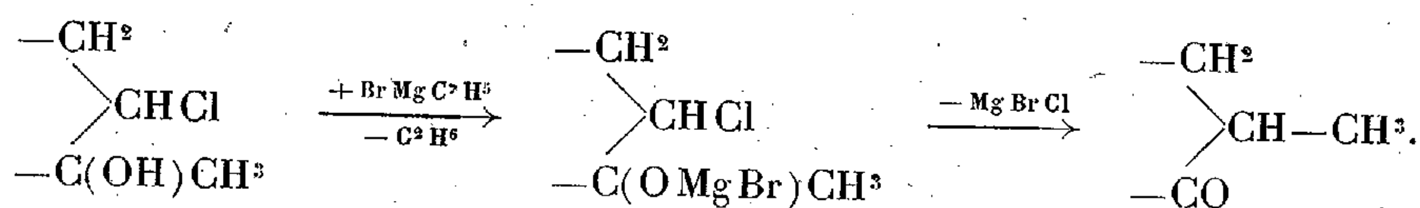
([6]) Bartlett et White, *J. Am. Chem. Soc.*, 56, 1934, p. 2785.

([7]) Bartlett et Bavley, *ibid.*, 60, 1938, p. 2416.

([8]) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1601. Cet auteur conclut que, dans la série cyclopentanique, contrairement à ce qui se passe en série cyclohexanique, l'atome d'halogène est remplacé directement par le radical du magnésien sans *aucune rupture*, ni régression de cycle. Nous montrons précisément dans cette Note que, s'il n'y a pas régression de cycle, il y a *rupture* du méthyle qui vient se fixer sur le carbone voisin.

étudiant l'action de $BrMgCH^3$ sur la chloro-2 cyclopentanone, a bien préparé le magnésiate de la chlorhydrine *cis* du méthyl-1 cyclopentane-diol-1-2, mais sans songer à isoler celle-ci; en effet ayant chauffé ce magnésiate, il obtint la méthyl-1 cyclopentanone-2, dans laquelle on constate que le radical méthyle a pris la place de l'halogène. Toutefois Mitchovitch ([8]), répétant l'erreur de quelques-uns de ceux qui l'ont précédé dans cette étude, admit que ce remplacement de l'halogène par le radical est direct alors que, comme l'un de nous l'a montré ([9]) dans divers cas analogues, le radical du magnésien se fixe initialement sur le carbone de la fonction cétonique, si bien que c'est secondairement, après chauffage du magnésien et par une transposition semipinacolique comportant la migration du méthyle, que celui-ci vient alors se fixer à la place où était initialement l'halogène.

I. Déshalogénation magnésienne des *cis* et *trans* chloro-2 méthyl-1 cyclopentanol-1. — 1° *Dérivés cis.* — Cette chlorhydrine a déjà été obtenue par Bartlett et White (*loc. cit.*) en opérant comme Mitchovitch, c'est-à-dire en faisant agir $BrMgCH^3$ sur la chloro-1 cyclopentanone-2, mais en décomposant ensuite par l'eau le produit de la réaction, puis en rectifiant dans le vide. Cette chlorhydrine ($Éb_{18}$ 61-64°), dissoute dans l'éther anhydre, a été versée peu à peu dans $BrMgC^2H^5$; il se produit un dégagement d'éthane en même temps que se forme le bromomagnésiate de la chlorhydrine, qui se montre identique à celui obtenu ci-dessus. En effet, par chauffage au bain-marie jusqu'à évaporation de l'éther, puis en décomposant par l'eau, on obtient comme Bartlett et White, la méthyl-cyclopentanone-2 :



Il est donc bien établi, comme l'un de nous l'a démontré en série cyclohexanique ([10]), que, dans l'action des organomagnésiens sur les α-chlorocyclanones, si le radical de l'organomagnésien prend la place du chlore, ce n'est pas par un échange direct, mais par une migration de ce radical (transposition semipinacolique). Il s'ensuit que, dans les α-chlorocycla-

---

([9]) Tiffeneau et Tchoubar, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 941.

([10]) Chavanne et de Vogel, *Bull. Soc. chim. Belg.*, 37, 1928, p. 141. La chlorhydrine a été obtenue par ces auteurs à l'état cristallisé, F. 35-37°.

nones, l'activité réactionnelle du carbonyle vis-à-vis des magnésiens l'emporte exclusivement sur celle de l'halogène.

2° *Dérivé trans.* — Pour préparer cette chlorhydrine, qui a été déjà obtenue en fixant ClOH sur le méthylcyclopentène ([11]), nous avons fait agir sur ce carbure la chlorurée en solution acétique aqueuse $Éb_{16}$ 76-78°; n_D^{18} 1,4789. La déshalogénation magnésienne s'effectue comme ci-dessus en faisant agir $BrMgC^2H^5$, puis en chauffant le tout avec distillation de l'éther. Après décomposition par l'eau, on isole comme ci-dessus la méthylcyclopentanone.

Ainsi, dans la déshalogénation magnésienne des chlorhydrines du méthyl-1 cyclopentanediol-1-2, il n'y a pas de différence de comportement entre les isomères *cis* et *trans*. Nous allons voir qu'il n'en est pas de même dans la déshydratation des glycols *cis* et *trans* correspondants.

II. Déshydratation des méthyl-1 cyclopentanediols-1-2 *cis* et *trans*. — 1° *Glycol cis.* — Ce glycol, déjà obtenu par oxydation permanganique du méthyl-1 cyclopentène-1 ([12]), a été préparé en recourant à une autre méthode, consistant à faire agir $BrMgCH^3$ sur le cétol correspondant (Eb_{15} 85-87°), qui provient lui-même de l'hydrolyse de la chlorocyclopentanone par simple ébullition avec l'eau seule ou en présence de carbonate de baryum. Ce glycol bout à 105° sous 15mm (n_D^{18} 1,4725) F. 23°. On le déshydrate par chauffage avec l'acide sulfurique à 10 %. On obtient ainsi la méthyl-1 cyclopentanone-2 (Eb_{18} 44°) dont la semicarbazone fond à 184°.

2° *Glycol trans.* — Ce glycol (F. 64°) a été préparé comme l'indique Verkade ([12]), par hydratation de l'époxyde. Nos essais de déshydratation par l'acide sulfurique dilué à chaud ont été infructueux, car dans ces conditions il ne se forme que des résines; aussi avons-nous opéré en faisant passer sur l'alumine chauffée à 300° les vapeurs du glycol émises sous un vide de 20mm. Il se forme ainsi, à côté de carbures non saturés volatils fixant Br^2 et surtout de résines provenant de leur polymérisation, une petite quantité de méthyl-1 cyclopentanone-2, qu'on a identifiée par sa semicarbazone ([13]). La réaction principale consiste donc en une élimination

---

([11]) Tiffeneau et Tchoubar, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 941.

([12]) Verkade et collab., *Lieb. Ann.*, 467, 1928, p. 217.

([13]) La formation de méthyl-2 cyclopentanone-1 dans la déshydratation du *trans* méthylcyclopentanediol, glycol secondaire tertiaire, alors que, dans la déshydratation du *trans* diméthylcyclopentanediol, aucune formation de cétone n'a été signalée (Bartlett et Bavley, *loc. cit.*), montre que, dans le cas du glycol secondaire tertiaire, la présence d'une fonction alcool secondaire a permis la déshydratation vinylique.

des deux hydroxyles avec les CH^2 voisins, d'où formation de carbures non saturés qui se polymérisent.

Ainsi les méthyl-1-cyclopentanediols-1-2 *cis* et *trans* se comportent différemment dans leur déshydratation par l'acide sulfurique dilué à chaud : tandis que le *cis* se transforme en méthyl-1 cyclopentanone par élimination d'un seul H^2O entre les deux hydroxyles, le *trans* se déshydrate en perdant deux molécules d'eau.

L'éloignement des hydroxyles en position *trans* et leur voisinage en position *cis* suffit à expliquer ces différences de comportement. Il est toutefois curieux que, dans le cas des chlorhydrines, les mêmes conditions d'éloignement (*trans*) ou de voisinage (*cis*) du chlore dans la fonction halogénée CHCl et de l'hydroxyle substitué OMgBr dans le groupement C(OMgBr) — CH^3 ne s'opposent pas à ce que dans ce cas la déshalogénation s'effectue avec formation du même produit et probablement aussi par un mécanisme identique.

M. **Georges Claude** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur d'informer l'Académie que j'ai accompli à Québec la mission dont elle m'avait chargé en remettant, le 30 août, à l'*Hôtel-Dieu de Québec* une Médaille Montyon à l'occasion du tricentenaire de sa fondation par des Français, tandis que notre Confrère, M. de Lacretelle, accomplissait le même office au nom de l'Académie Française.

J'ai eu l'occasion de faire une Conférence à l'Institut Canadien.

Sir **Joseph Larmor** fait hommage à l'Académie d'une *Notice nécrologique* sur Lord Kelvin.

CORRESPONDANCE.

MAGNÉTOOPTIQUE. — *Dispersion rotatoire magnétique du benzène lourd* C^6D^6 *et de l'alcool lourd* (C^2D^5OD). Note (1) de M. **Gaston Dupouy**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons mesuré, avec un montage déjà décrit (2), la dispersion rotatoire magnétique du benzène lourd (C^6D^6) et de l'alcool lourd

(1) Séance du 4 septembre 1939.
(2) G. Dupouy et Ch. Fert, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1298.

(C^2D^5OD). Les produits utilisés contiennent 99,5 % en poids des corps purs.

Comme dans notre travail précédent sur l'eau lourde, nous avons pris des précautions spéciales afin d'éviter le contact des corps étudiés avec la vapeur d'eau atmosphérique.

Toutes nos expériences ont été faites en utilisant la raie du sodium et les principales radiations du spectre visible du mercure. La lumière est soigneusement filtrée au moyen de deux monochromateurs placés à la suite l'un de l'autre sur le faisceau lumineux.

Des diaphragmes convenablement disposés éliminent la lumière réfléchie par les parois de la cuve polarimétrique. Enfin, pour n'être pas gêné par la lumière réfléchie par les glaces de fermeture de la cuve elle-même, nous avons été amené à nous servir d'une cuve polarimétrique légèrement prismatique [3].

Les mesures ont été faites à deux températures aussi différentes que possible : 15°,5 et 71° C. pour C^6D^6; 2° et 71° C. pour C^2D^5OD.

Dispersion de C^6D^6. — Les expériences concernant ce corps sont les plus précises; les rotations mesurées pour la radiation 5461 Å sont respectivement 35°,20 à 16°,5 C. et 32°,24 à 71° C. Les pointés se font aisément à 0°,01 près dans le vert et le jaune, le corps étudié étant très transparent; pour les raies 4358 et surtout 4916 qui est relativement peu intense, la précision est naturellement moindre.

Voici un tableau qui résume les résultats obtenus :

λ (en Å)............	5893.	5780.	5461.	4916.	4358.
$\frac{\rho_\lambda}{\rho_{5461}}$ à 15°,5 C.......	0,8386	0,8762	1	$1,288_4$	$1,750_4$
$\frac{\rho_\lambda}{\rho_{5461}}$ à 71° C.......	0,8372	0,8750	1	$1,287_4$	$1,751_9$
Moyenne...........	$0,837_9$	$0,875_6$	1	$1,287_9$	$1,751_2$

L'examen de ce tableau permet de dire qu'il n'y a aucune variation systématique de la dispersion avec la température. Nous prendrons donc comme valeur de la dispersion à une température quelconque la moyenne des nombres obtenus à 15°,5 et à 71° C. Il est facile de voir que la précision des mesures est supérieure à 1 pour 1000.

Dispersion de C^2D^5OD. — Les rotations observées sont dans ce cas nettement moins grandes que précédemment : 13°,3 à 2° C. et 11°,97 à 70° C. (toujours pour la radiation 5461 Å).

---

[3] H. OLLIVIER, Mlles J. PERNET et J. LESNE, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 2301.

Le tableau ci-dessous fait connaître la dispersion de l'alcool lourd.

		5893.	5780.	5461.	4916.	4357.
λ (en Å)						
$\frac{\rho_\lambda}{\rho_{5461}}$ à	2° C.	0,8491	0,8857	1	1,249	1,636
	70° C.	0,8475	0,8879	1	1,258	1,635
Moyenne		0,848₅	0,886₈	1	1,253₅	1,635₅

Comme pour C^6D^6, la dispersion n'éprouve pas de variation avec la température. Sa valeur moyenne est déterminée avec une précision de l'ordre de 1 pour 1000, sauf pour la radiation 4916 pour laquelle les pointés sont difficiles.

Nous avons en outre fait, pour la raie jaune 5780, une mesure supplémentaire à 15°,9 C. On trouve $\rho_{5780}/\rho_{5461} = 0,8868$, en excellent accord avec les mesures extrêmes qui figurent ci-dessus.

PHYSICOCHIMIE. — *Spectres Raman de l'acide nitrique en solution dans l'éther et le chloroforme.* Note de MM. **Jean Desmaroux**, **Jean Chédin** et **René Dalmon**, présentée par M. Charles Fabry.

Dalmon [1] a observé que les solutions d'acide nitrique (à 100 %) dans l'éther ne nitrent pas le coton, alors que le pouvoir nitrant des solutions dans le chloroforme est bien connu. Nous avons examiné les spectres Raman de ces mélanges en excitant par les radiations 4046 Å et 4358 Å du mercure. Nous indiquons ci-dessous les fréquences des spectres Raman de l'acide nitrique pur et de l'acide nitrique en solution dans l'éther et le chloroforme.

Acide nitrique à 100 %.	Acide nitrique dans le mélange: 70 chloroforme + 30 acide nitrique.	Acide nitrique dans le mélange: 70 éther + 30 acide nitrique.
608 (m)	611	630
674 (m)	671	685
922 (F)	912	935
1050 (tf)	–	–
1295 (TF)	1303	1300
1516 (f)	–	–
1672 (m)	1676	1666
3300 bande —OH très large	3300 bande —OH très large	–

tf, très faible; f, faible; m, moyenne; F, forte; TF, très forte.

[1] *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 413.

On constate que :

1° Le spectre de l'éther, de même que celui du chloroforme demeurent absolument inaltérés lorsqu'on mélange ces corps avec de l'acide nitrique.

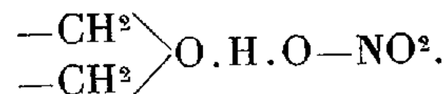
2° Le spectre des fréquences basses et moyennes (nombre d'ondes au centimètre inférieur à 2000) de l'acide nitrique varie légèrement lorsque ce corps est à l'état pur, ou en mélange avec l'éther ou le chloroforme. Ces différences faibles sont attribuables aux états différents d'association de la molécule NO^2—OH dans l'acide pur ou les mélanges.

3° La bande 3300 cm^{-1} (vibration propre de l'oscillateur —OH de la molécule NO^2—OH), intense dans les spectres de l'acide nitrique pur ou de sa solution dans le chloroforme a complètement disparu dans le spectre du mélange avec l'éther. Dans ce mélange, l'atome H de la molécule NO^2—OH se trouve donc bloqué, et à ce bloquage correspond l'absence de pouvoir nitrant des mélanges éther-acide nitrique.

R. Freymann ([2]) a observé que, dans les mélanges à concentrations convenables de certains alcools et d'éther, de phénol-éther, la bande —OH de l'alcool ou du phénol ne figure pas sur les spectres. Il attribue ce fait à la formation d'un composé oxonium $\begin{matrix}-CH^2\\-CH^2\end{matrix}\!\!>O.H.O-R$ caractérisé par l'existence de liaisons monoélectroniques. C'est la même hypothèse que nous proposons pour expliquer les spectres des mélanges éther-acide nitrique.

On pourrait penser à la formation entre l'oxygène de l'éther et l'hydrogène de NO^2—OH d'une liaison par valence de coordination, au sens où l'entend Sidgwick (l'atome O de l'éther fournissant à l'atome H de l'acide une de ses paires non partagées d'électrons, l'atome H se trouvant alors entouré de 4 électrons comme dans d'autres cas analogues). Toutefois la formation d'une covalence de coordination $>O:H-$ perturberait presque sûrement le spectre de l'éther. Or celui-ci est inaltéré dans les mélanges.

On constate donc le phénomène très général de liaison entre le radical oxydrile (qu'il soit lié à un carbone aliphatique, aromatique, même à un groupement $-NO^2$) et l'atome O< d'un éther. Dans le présent cas, il se formerait l'association



$$\begin{matrix}-CH^2\\-CH^2\end{matrix}\!\!>O.H.O-NO^2.$$

En présence d'éther, l'hydrogène de NO^2—OH partagerait ses deux électrons entre les deux atomes d'oxygène, celui de l'éther et celui

([2]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 41.

auquel il était lié par une covalence normale dans l'acide nitrique pur.

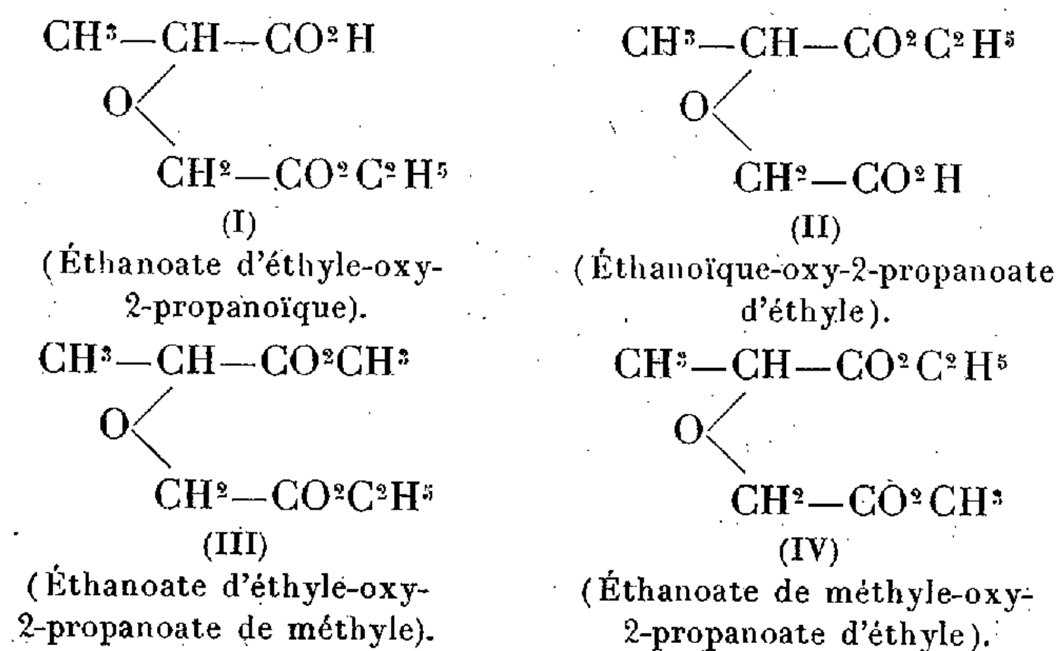
Rien de tel ne se passe dans les solutions chloroformiques. L'acide nitrique reste libre et conserve son pouvoir nitrant.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les méthyldiglycolates acides d'éthyle.* Note de MM. **Pierre Vièles** et **Mohammed Amir**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons préparé le $(d+l)$ méthyldiglycolate acide d'éthyle, non encore décrit, par deux voies différentes : 1° action de l'éthanol sur l'anhydride $(d+l)$ méthyldiglycolique ([1]); 2° demi-saponification du $(d+l)$ méthyldiglycolate neutre d'éthyle.

Dans les deux cas, nous avons obtenu des liquides visqueux, solubles dans l'eau (ainsi que les sels qu'ils forment avec les métaux alcalins et alcalinoterreux), solubles dans l'éther, l'alcool et le benzène; leurs indices de saponification et de neutralisation sont en excellent accord avec la théorie. Leurs constantes physiques paraissent les mêmes aux erreurs expérimentales près : E_{20} 168°-170°; d_4^{24} 1,148; n_D^{24} 1,4331; R.M. 38,8 (calculée 39,4). Néanmoins ces deux produits ne sont pas identiques, car on constate que le monoester préparé par demi-saponification s'estérifie plus rapidement que celui obtenu à partir de l'anhydride : à 75°, avec 10 fois la quantité théorique d'éthanol $n/80$ chlorhydrique, les constantes de vitesse sont dans le rapport de 1,6 à 1.

Il peut exister deux méthyldiglycolates monoéthyliques [formules (I) et (II) ci-dessous]; selon le procédé employé on obtenait donc vraisemblablement, soit l'un, soit l'autre de ces isomères, ou leur mélange en proportions différentes.



([1]) Jungfleisch et Godchot, *Comptes rendus*, 145, 1907, p. 70.

Il nous a paru avantageux, pour déterminer de façon certaine la constitution de ces monoesters, d'opérer sur les dérivés optiquement actifs. L'acide *l*-méthyldiglycolique a, en effet, été décrit par Godchot et l'un de nous, ainsi que certains de ses dérivés, en particulier les deux diesters *mixtes* d'éthyle et méthyle actifs [formules (III) et (IV) ci-dessus] ([2]). Ces derniers avaient été obtenus directement en faisant agir le monochloracétate d'éthyle (ou de méthyle) sur le *l*-lactate (lévogyre) de méthyle (ou d'éthyle) sodé et *leurs pouvoirs rotatoires avaient été trouvés extrêmement différents l'un de l'autre*.

Pour déterminer la constitution d'un méthyldiglycolate monoéthylique actif, il suffira de l'estérifier par le méthanol : selon qu'il répondra à la formule (I) ou (II), on arrivera à l'ester mixte (III) ou (IV); dans le cas d'un mélange d'isomères, on calculera leurs proportions respectives d'après le pouvoir rotatoire de l'ester mixte obtenu.

Constitution du monoester préparé à partir de l'anhydride. — Un mélange, en proportions équimoléculaires d'anhydride *l*-méthyldiglycolique et d'éthanol pur est abandonné à 25°. Au bout de douze heures, le pouvoir rotatoire du mélange ne varie plus, même si on le chauffe encore deux heures à 80°. On obtient ainsi un *l*-méthyldiglycolate monoéthylique dont le pouvoir rotatoire est $[\alpha]^{25}_{5461} - 11°,8$. Ce monoester est chauffé douze heures à l'ébullition avec 6 fois la quantité théorique de méthanol, en présence de sulfate de cuivre anhydre comme catalyseur. Après élimination de l'excès de méthanol, du catalyseur et lavage avec une solution de carbonate monosodique, on recueille le diester mixte, distillable à 126-128° sous 25^{mm}. Son pouvoir rotatoire était $[\alpha]^{25}_{5461} - 12°,6$, alors que celui de l'éthanoate d'éthyle-oxy-2-propanoate de méthyle (III) est $[\alpha]^{20}_{5461} - 11°,96$. Comme le pouvoir rotatoire de l'isomère IV est —2°,07, il paraît hors de doute que le diester ainsi obtenu est unique et correspond bien à la formule (III), le petit écart constaté entre les pouvoirs rotatoires paraissant imputable à une insuffisante rectification du diester (nous avons opéré sur moins d'un gramme).

Il découle de ces observations que le monoester préparé par action de l'alcool sur l'anhydride est l'éthanoate d'éthyle-oxy 2-propanoïque (I). Ce résultat est en accord avec ceux trouvés par divers auteurs sur les anhydrides succiniques dissymétriquement substitués ([3]) : *le monoester obtenu par action d'un alcool sur l'anhydride est celui dont le carboxyle libre est adjacent à l'atome de carbone le moins substitué.*

([2]) Godchot et Vièles, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1358.

([3]) Grignard, *Traité de Chimie organique* (*Diacides*, par Salmon-Legagneur), **10**, p. 117, Masson, Paris, 1939.

Ne disposant pas d'une quantité suffisante de matière première, nous n'avons pu effectuer une opération analogue sur le monoester provenant de la demi-saponification d'un diester actif. Nous ne pouvons donc affirmer avec certitude que le produit inactif obtenu par ce procédé soit celui représenté par la formule (II), à l'état pur, mais il paraît évident, en raison de sa grande vitesse d'estérification, qu'il en renferme, au moins une certaine proportion, ce monoester étant, en effet, celui des deux isomères dont le carboxyle libre est le moins protégé puisque voisin de l'atome de carbone non substitué. La demi-saponification de divers diesters de diacides non symétriques a, du reste, déjà conduit un certain nombre d'auteurs ([4]) à des conclusions analogues.

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Propriétés biologiques du bacille tuberculeux soumis à l'action du radon.* Note ([1]) de MM. **P. Bonét-Maury** et **H.-R. Olivier**, présentée par M. Jean Perrin.

Nous avons exposé l'intérêt d'une étude des propriétés du B.K. soumis à l'action des radiations ionisantes.

Le rayonnement total du radon, dissous dans la suspension bactérienne, nous a paru particulièrement convenable, pour des raisons théoriques et pratiques. Nous résumerons ici les résultats obtenus avec ce radioélément, dont le rayonnement total était utilisé avec la technique employée; les doses seront exprimées en μcd/cm^3. Une micro-curie de Rn détruite (μcd) correspond à l'émission de $5,5.10^{10}$ particules α, $3,5.10^{10}$ particules β et à la création de 10^{16} paires d'ions ou 5.10^3 r. Une surface de $0^{\mu^2},5$ (section droite moyenne d'un B.K.) est traversée en moyenne pour cette dose par 1,2 rayon α et 33 rayons β, le rayonnement γ étant négligeable.

1° *La suppression de la prolifération* sur milieu de Löwenstein est obtenue régulièrement à partir de 9 μcd/cm^3. Nous avons tenté de déterminer la forme de la courbe liant le nombre de survivants à la dose, en utilisant la méthode de Miquel des dilutions et en effectuant les ensemencements sur Löwenstein. Le peu de précision de cette méthode, discutée ailleurs, permet seulement de déterminer l'allure générale de la courbe sans pouvoir préciser sa forme. Le tableau ci-après résume les résultats obtenus.

([4]) Grignard, *Traité de Chimie organique*, 10, p. 115.

([1]) Séance du 4 septembre 1939.

Dilution	10^{0}.	10^{-1}.	10^{-2}.	10^{-3}.	10^{-4}.	10^{-5}.	10^{-6}.	10^{-7}.
Poids (en mg) de B. K.	10^{0}.	10^{-1}.	10^{-2}.	10^{-3}.	10^{-4}.	10^{-5}.	10^{-6}.	10^{-7}.
Dose (en μcd/cm³) 0...	Inn.	Inn.	Inn.	Inn.	40	3	0,3 (3 colonies pour 10 tubes)	–
» » 5...	Inn.	150	–	–	–	–	–	–
» » 6,4.	25	3	–	–	–	–	–	–
» » 6,8.	95	12	–	–	–	–	–	–
» » 8,0.	3	0	–	–	–	–	–	–
» » 9,0.	0	0	–	–	–	–	–	–

Si, comme il y a de fortes raisons de le croire, la courbe est, en première approximation, d'allure exponentielle, l'action de 1$^{\mu cd}$,5 correspond à une dilution au 1/10e, en comparant, comme Holweck, une irradiation à une dilution des germes intacts.

2° *La suppression de la virulence* pour le cobaye nécessite des doses plus élevées.

Chaque cobaye reçoit dans la peau de la cuisse, 5^{mg} de B. irradié, on pratique l'intradermoréaction et l'on observe la survie de l'animal. Le tableau suivant résume les résultats obtenus :

Dose (en μcd/cm³)	0.	12.	14.	16.	18.	19.	21.
Survie en jours	133	150	186	> 1 an	> 1 an	> 1 an	> 1 an
Intradermoréaction	+	+	+	—	—	—	—

Le nombre trop faible de cobayes (2 par dose) ne permet pas de fixer avec précision la dose critique, c'est-à-dire la dose qui supprime la virulence. Il paraît raisonnable de la fixer vers 15 μcd.

Des expériences précédentes, poursuivies depuis 2 ans, nous ont montré une suppression régulière de la virulence, à partir de 18 μcd. Les doses critiques différentes en utilisant le cobaye ou le milieu de Löwenstein, s'expliquent par la sensibilité très inégale de ces deux réactifs. Alors que Calmette admet qu'il faut quelques dizaines de B. K. (environ 50) pour tuberculiser le cobaye, la comparaison de différentes méthodes de numération nous a montré qu'il faut en moyenne entre 10^{3} et 10^{4} B. K. pour donner une colonie sur Löwenstein.

3° *La persistance de la respiration du B. K. irradié*, à une dose (20 μcd) très supérieure à celle supprimant prolifération (9 μcd) et virulence (15 μcd) est très remarquable. Nous l'avons clairement mis en évidence de la façon suivante :

Une émulsion aqueuse de B. K. (2 mg/cm³) est divisée en 3 parties; l'une non modifiée, l'autre irradiée à 20 μcd et la troisième tuée à l'autoclave.

L'étude, avec un respiromètre de Warburg, de ces suspensions additionnées de 5 % de glycérine tamponnée (l'expérience étant conduite stérilement) montre que les bacilles irradiés respirent tandis que les bacilles tués ne montrent aucun échange gazeux. La respiration des bacilles irradiés s'est maintenue, pendant la durée de l'expérience (4 jours), au 1/6ᵉ environ de celle des bacilles vivants. Une autre expérience avec des bacilles irradiés à 13 μcd a montré, pendant 5 jours, une respiration au 1/4 des bacilles vivants :

Ces faits montrent bien que nous avons réussi à préparer des bacilles en état de *mort différée* (radiolésion décrite par Holweck et Lacassagne sur les levures), c'est-à-dire des bacilles non virulents, mais manifestant encore des propriétés vitales. Il était important d'en étudier l'action sur l'homme et l'animal, car, comme le signale E. Rist (*La Tuberculose*), « l'infection de l'homme et des animaux par le bacille vivant a pour conséquence une immunité durable », et « en se servant de bacilles vivants, il n'est peut-être pas interdit d'espérer une vaccination efficace de l'animal ».

Nous ne pouvons faire rentrer nos travaux sur l'immunité anti-tuberculeuse dans le cadre de cette communication; nous pouvons déjà cependant apporter les faits suivants :

1° Les premiers essais de vaccination du cobaye nous ont donné une survie à l'injection d'épreuve (1/50ᵉ de milligramme) double de celle des témoins c'est-à-dire significative; (8 témoins, survie 133 jours ± 30 et 6 vaccinés, survie moyenne 250 jours ± 50).

2° Une chute thermique régulière, une amélioration de l'état général, une régression progressive des lésions ont été observées dans la majorité des cas de tuberculose osseuse, ganglionnaire, rénale et pulmonaire mises en traitement (environ 60 cas). L'innocuité est complète, même dans les cas graves, le radio-vaccin ne donnant jamais de poussée évolutive.

Conclusions. — L'action du radon sur les bactéries permet d'obtenir des bacilles de Koch vivants, mais non virulents et de réaliser les meilleures conditions pour espérer, dans son ensemble, obtenir l'immunité anti-tuberculeuse. La bactériothérapie, avec ces bacilles irradiés, dérive des résultats très encourageants. L'étude de l'action des radiations ionisantes sur les bactéries s'annonce comme particulièrement profitable.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Résistance de l'acide ascorbique (vitamine C) à l'action de la chaleur.* Note (¹) de MM. **Jean Pien** et **Herbert Meinrath**, transmise par M. Maurice Javillier.

On sait que la vitamine C (acide ascorbique) est rapidement détruite quand on en chauffe les solutions en présence d'oxygène. A la suite d'un grand nombre de travaux, on a constaté la nécessité de dissocier les deux influences de l'oxygène et de la chaleur. L'acide ascorbique est très oxydable. Il se détruit rapidement au contact de l'air même à froid; en revanche, chauffé à l'abri de l'air, il présente une réelle stabilité.

La présente étude a pour objet de rechercher si cette stabilité est ou non conservée à des températures plus élevées que celles étudiées jusqu'à présent et en particulier à la température de 120°, qui revêt une importance particulière (stérilisation des milieux de culture et de certains aliments).

La protection contre le contact de l'air a été assurée par des essais en atmosphère d'azote ou de gaz carbonique. Nous avons voulu, également à cette température, chiffrer l'importance de la destruction de la vitamine chauffée en présence d'oxygène ou en présence d'air. Enfin, dans les divers cas, nous avons fait varier la durée du séjour à 120°, ainsi que le pH des solutions.

Mode opératoire. — L'acide ascorbique pur (Hofmann-Laroche) a été dissous à raison de 1 °/₀₀ dans l'acide trichloracétique à 6,4 % dans l'eau bi-distillée bouillie (pH, 0,64) et dans des mélanges de phosphates monopotassique et disodique pour réaliser les pH : 3,2 — 5,0 — 7,0 — 8,0. Les essais ont eu lieu immédiatement après la préparation de ces solutions.

Des tubes de verre de 8^{mm} de diamètre sont coudés en forme d'U. Sur l'une des branches on ménage une boule de 4 à 5^{cm^3}. On constitue ainsi un barboteur. Dans le coudé de l'U on introduit 1^{cm^3} de la solution d'acide ascorbique.

On fait passer dans le tube un courant du gaz choisi pendant au moins 1 minute (la boule étant située en aval de la solution). Pendant que le gaz continue à passer, on scelle à la flamme les deux extrémités du tube en U qui se trouve ainsi rempli du gaz choisi. La solution qu'il renferme est saturée de ce gaz.

Les tubes sont soumis à la stérilisation dans un autoclave de petites dimensions. Sur les graphiques, non reproduits ici, on a noté une zone de départ d'environ 15 minutes correspondant au temps nécessaire pour porter l'autoclave à 100°, puis le purger de l'air à cette température et enfin le porter à 120°. On note les temps à partir du moment où cette température est atteinte.

(¹) Séance du 28 septembre 1939.

Pour le dosage de l'acide ascorbique, nous avons utilisé la méthode Tillmans qui, ici, donne d'excellents résultats puisque l'acide ascorbique n'est accompagné d'aucune substance susceptible de fausser le dosage.

En opérant sur de très petites quantités (1/10[e] de centimètre cube mesuré à la micropipette) le titrage est d'une grande netteté. Le contenu des tubes, ainsi que les solutions témoins non chauffées, sont examinés de la manière suivante : 1/10[e] de centimètre cube de liqueur est introduit dans une petite capsule de porcelaine. On fait couler d'une micro-burette une solution de 2-6 dichlorophénol-indophénol à 0,1 ‰ dans l'eau bi-distillée bouillie, jusqu'à persistance pendant 5 à 10 secondes de la coloration rose en milieu acide ou bleue pour les solutions neutres et alcalines.

Résultats. — Les chiffres ci-dessous indiquent les pourcentages d'acide ascorbique retrouvés dans les solutions après leur sortie de l'autoclave :

Durée du séjour à 120° (en min.)	pH des solutions				
	0,64.	3,2.	5,0.	7,0.	8,0.
	1° *Cas d'une atmosphère d'oxygène.*				
0...........	25	40	38	30	30,5
5...........	18,5	32	30,5	24	18
10...........	12	29	25	17	7
15...........	7	19	13,5	7,5	4
20...........	6	13	10,5	4,5	2
30...........	5	12	3	2,5	4
	2° *Cas d'une atmosphère d'air.*				
0...........	75	76	78	75	68
5...........	65	72	68	68	63
10...........	58	68	63	60,5	58
15...........	56	65	57,5	59	60
20...........	53,5	60	55	52	51
30...........	47	55	55	46	46
	3° *Cas d'une atmosphère d'azote ou de* CO^2 (²).				
0...........	100	100	100	100	100
10...........	98,5	97,0	98,0	96,0	96,0
15...........	98,0	—	—	—	—
20...........	95,0	96,0	94,0	92,0	88,0
30...........	95,0	94,0	94,0	92,0	86,0

En résumé, des solutions d'acide ascorbique de pH différents, main-

(²) Ces deux gaz ont fourni exactement les mêmes résultats.

tenues pendant 20 minutes à l'autoclave à 120° en présence de divers gaz, contiennent, après ce traitement, les pourcentages suivants de l'acide ascorbique initial :

1° Dans l'oxygène, de 2 % (à pH 8) à 13 % (à pH 3,2);

2° Dans l'air, de 51 % (à pH 8) à 60 % (à pH 3,2);

3° Dans l'azote ou le gaz carbonique, de 88 % (à pH 8) à 96 % (à pH 3,2).

Les pourcentages retrouvés sont les plus élevés pour la zone de pH voisine de 3,2. Les plus faibles correspondent aux pH neutres ou alcalins. Aux fortes acidités (pH 0,64) les quantités d'acide ascorbique retrouvées sont plus faibles qu'aux acidités moyennes.

Conclusions. — Le traitement thermique de l'acide ascorbique, dans les conditions de la stérilisation, entraîne sa destruction presque complète en atmosphère d'oxygène. La perte est de l'ordre de 50 % en présence d'air.

Elle n'est que de 5 à 10 % en atmosphère d'azote ou de gaz carbonique. La stérilisation à l'abri de l'air (en présence d'un gaz inerte) maintient donc à peu près intégralement le taux de l'acide ascorbique présent, quel que soit le pH de la solution.

La séance est levée à $15^h 30^m$.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 SEPTEMBRE 1939.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE BÉHAL.

MEMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Sur la proposition de M. M. JAVILLIER, l'Académie vote la motion suivante :

« L'Académie des Sciences de l'Institut de France adresse à la Nation polonaise, qui oppose une héroïque résistance à l'invasion, et à son Gouvernement, qui compte d'illustres savants, l'hommage de son admiration et l'expression de sa confiance en un avenir conforme à la Justice. »

M. ALFRED LACROIX fait hommage à l'Académie d'une Note intitulée *Les transformations récentes du sommet du volcan actif (Piton de la Fournaise) de l'île de la Réunion* (¹). Accompagnée de 14 planches photographiques, elle est consacrée en partie aux phénomènes dont il a été question dans ses Notes récentes (Cf. p. 405 et 421).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Isomérisation des oxydes de styrolène β substitués. Influence du caractère saturé ou non saturé du radical substituant.* Note de MM. **MARC TIFFENEAU** et **P. K. KURIAKI**.

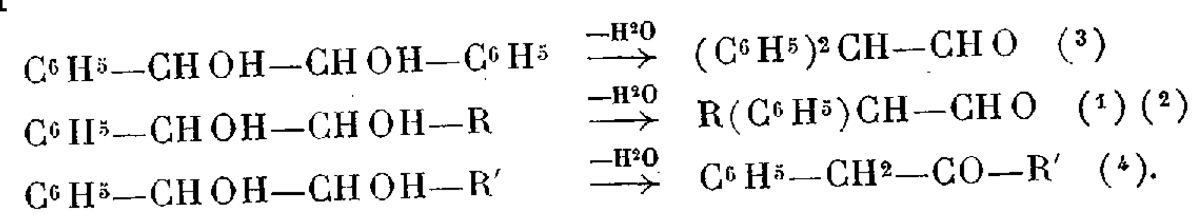
On sait que, si l'on remplace dans l'hydrobenzoïne un phényle par un radical R non saturé, vinyle (¹) ou propényle (²), la déshydratation du

---

(¹) *Bulletin volcanologique de l'Association volcanologique de l'Union géodésique et géophysique internationale*. Napoli, (2) 5, 1939, p. 3.

(¹) TIFFENEAU et WEILL, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1217.
(²) DEUX et ABRAGAM, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 2084.

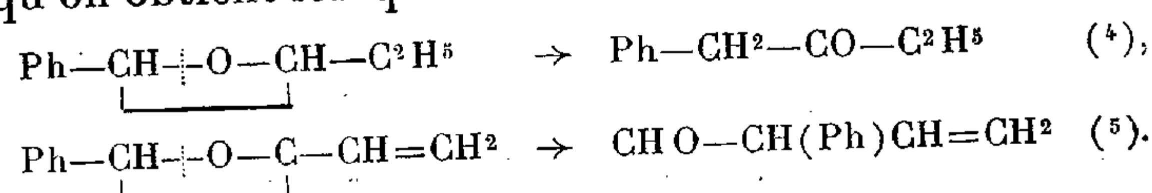
glycol s'accompagne d'une transposition hydrobenzoïnique, alors que si l'on effectue ce remplacement par les radicaux saturés correspondants R', éthyle ou propyle (3), cette transposition n'a pas lieu et il y a formation de cétone par un mécanisme vinylique :



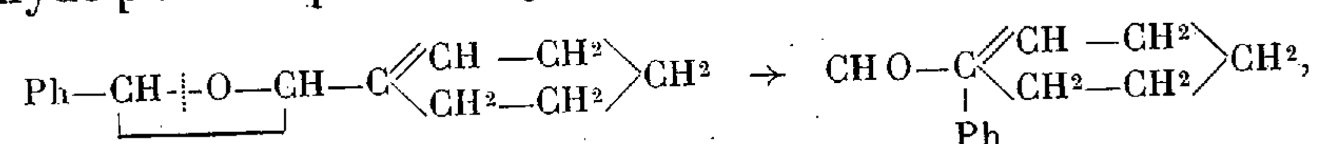
Nous avons entrepris de vérifier ce fait avec un radical cyclanique non saturé et avec le radical saturé correspondant.

Toutefois au lieu d'étudier ce problème en recourant à la déshydratation des glycols, nous avons préféré nous adresser à une réaction moins brutale, à savoir l'isomérisation des époxydes par les éthérates de magnésium. Sans doute les diarylépoxyéthanes jusqu'ici examinés se comportent d'une manière moins régulière que les glycols lorsqu'on les soumet à l'action de la chaleur : l'oxyde de stilbène ne s'isomérise pas, mais se scinde en benzaldéhyde et stilbène; le phényltolylépoxyéthane s'isomérise à la fois en phényltolylacétyldéhyde et en phénacétyltoluène; enfin le *p*-anisylphénylépoxyéthane s'isomérise exclusivement en cétone.

Quoi qu'il en soit de cette particularité de comportement des diarylépoxyéthanes sous l'influence de la chaleur, on a pu constater que par l'introduction d'un radical aliphatique, la réaction d'isomérisation par les éthérates de Mg s'oriente vers l'obtention d'une cétone, alors que c'est un aldéhyde qu'on obtient lorsque le radical est non saturé :

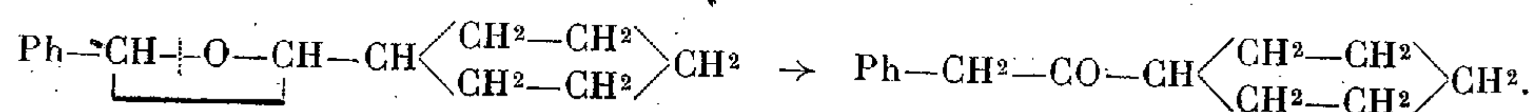


Nous nous sommes proposé de comparer de même les radicaux cyclohexyle et cyclohexényle. Comme on le verra plus loin, nous avons pu constater que dans le cas du radical cyclohexényle, il y a formation d'aldéhyde par transposition hydrobenzoïnique :



(3) ZINCKE et BREUER, *Ber. d. Ch. Ges.*, 9, 1876, p. 1769.
(4) J. LÉVY et DVOLEITZKA-GOMBINSKA, *Bull. Soc. Chem.* 49, 1931, p. 1774.
(5) ABRAGAM et DEUX, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 285.

tandis qu'avec le radical cyclohexyle c'est la cétone non transposée qui se forme :



Ainsi, quels que soient le mécanisme et la cause de ces réactions si différentes, la présence d'un radical cyclanique R dans les oxydes dérivant des styrolènes symétriquement substitués $C^6H^5—CH=CH—R$, influence la réaction en deux sens distincts, suivant que ce radical est saturé ou non. Il restera à examiner si ces différences s'observent également lorsque le phényle est remplacé par un radical à très forte capacité affinitaire tel que l'anisyle.

I. *Oxyde de phénylcyclohexényléthylène sym.* — Cet époxyde a été obtenu à partir du phénylcyclohexényléthylène symétrique qu'on a préparé de la façon suivante. Dans une première réaction, on fait agir, d'après la technique de Darzens, le chlorure de phénacétyle sur le cyclohexène en présence de $SnCl^4$, ce qui conduit au phénacétylcyclohexène $C^6H^5—CH^2—CO—C^6H^9$ (F. 54°, Eb_{25} 192-194°; semicarbazone F. 167°, oxime F. 118°). Cette cétone non saturée est ensuite transformée par l'isopropylate d'aluminium en alcool correspondant (Eb_7 149-151°; *p*-nitrobenzoate F. 79°) qu'on déshydrate par distillation dans le vide sur la ponce sulfurique; on obtient ainsi le phénylcyclohexényléthylène sym. $C^6H^5—CH=CH—C^6H^9$ (Eb_8 137°).

L'oxydation perbenzoïque de ce carbure diéthylénique n'ayant pas donné de résultats nets, on l'a soumis à l'action de la chlorurée en solution aqueuse acétique; on obtient ainsi une chlorhydrine dans laquelle l'acide hypochloreux s'est fixé sur la liaison éthylénique voisine du phényle. La chlorhydrine brute ainsi obtenue a été soumise sans distillation préalable à l'action de la potasse, ce qui fournit l'époxyde cherchée (Eb_7 147-150°).

Isomérisation. — Cet époxyde a été isomérisé par chauffage avec l'éthérate de bromure de magnésium. Le produit obtenu bout à 150-152° sous 10^{mm} (semicarbazone F. 203°, oxime F. 156°). L'oxydation argentique fournit un acide fusible à 162° qui, hydrogéné par le nickel de Raney, se transforme en acide saturé (F. 150°). Celui-ci a été identifié avec l'acide phénylcyclohexylacétique obtenu synthétiquement en faisant passer CO^2 dans la solution éthérée du dérivé magnésien $C^6H^5—CHMgCl—C^6H^{11}$. Pour préparer ce dernier, on a fait agir Mg, non sur le bromure, mais sur le chlorure $C^6H^5—CHCl—C^6H^{11}$ (F. 27°, Eb_{15} 153-154°) obtenu en traitant le phénylcyclohexylcarbinol par $SOCl^2$.

II. *Oxyde de phénylcyclohexyléthylène sym.* — Cet époxyde a été préparé par oxydation perphtalique du phénylcyclohexyléthylène $C^6H^5—CH = CH—C^6H^{11}$ qui résulte lui-même de la déshydratation sulfurique du phényl-1 cyclohexyl-2 éthanol-1 (Eb_{17} 156-157°) obtenu en faisant agir $IMgCH^2—C^6H^{11}$ sur l'aldéhyde benzoïque. Le phénylcyclohexyléthylène bout à 148-150° sous 17^{mm} et fournit un dibromure cristallisé (F. 153°). Son oxydation perphtalique a été effectuée d'après la méthode de Böhme (6); l'époxyde obtenu bout à 158-160° sous 15^{mm} (D^{18}_{18} 1,003; n^{18}_D 1,003).

L'isomérisation par passage des vapeurs d'époxyde sur la terre d'infusoires n'a donné que de très mauvais rendements en produits combinables à la semicarbazide. Au contraire le chauffage de l'époxyde avec l'éthérate de bromure de magnésium jusqu'à évaporation de l'éther a fourni avec un rendement de 50 à 60 % une cétone (Eb_{15} 163-165°; F. 26°) fournissant une semicarbazone fusible à 142°. Cette cétone est identique à la cyclohexylbenzylcétone provenant de l'oxydation chromique du cyclohexylbenzylcarbinol (Eb. 167-168°; F. 57°; *p*-nitrobenzoate F. 18°) obtenu lui-même en faisant agir le chlorure de magnésium cyclohexyle sur l'aldéhyde phénylacétique.

BIOLOGIE APPLIQUÉE. — *Sur une invasion de Doryphores au Jardin des Plantes et sur les plantes sur lesquelles vivent ces insectes en fin de saison.* Note de M. **Auguste Chevalier.**

Le Doryphore (*Leptinotarsa decemlineata*), comme l'on sait, a envahi nos champs de Pommes de terre depuis son apparition près Bordeaux en 1922, et il s'étend aujourd'hui dans presque toute la France. On le rencontre notamment en Seine-et-Oise sur tout le pourtour de Paris, où la Pomme de terre est cultivée sur une large échelle pour l'approvisionnement de la cité et de sa banlieue. On pouvait espérer que le vorace et prolifique Coléoptère ne viendrait pas dans la capitale, où la Pomme de terre n'est cultivée que dans de très rares petits jardinets; on sait aussi que les Solanées ornementales de nos squares et jardins publics (Pétunias et Tabacs) ne sont mangées par le Doryphore qu'à défaut d'autres Solanées.

(6) *Ber. d. Ch. Ges.*, 70, 1937, p. 379.

Au mois de mai 1939, M. Guinet, chef de cultures au Muséum d'Histoire naturelle constata la présence de Doryphores adultes dans les jardins de cet établissement; ils vivaient sur de jeunes Pétunias hybrides dans les parterres; on fit enlever, autant que cela était possible, ces insectes assez nombreux en certaines places. Comme il n'existait pas de plant de Pomme de terre ni au Muséum ni aux environs dans les jardinets des employés, il est permis de supposer que des Doryphores vivants ont été apportés à Paris l'année précédente avec les fanes servant à l'emballage des Pommes de terre, et que dès 1938 ces insectes s'étaient déjà installés dans les jardins du Muséum et s'y reproduisaient, puisqu'on trouvait déjà des adultes au printemps de 1939.

M. Guinet ne continua pas ses observations, mais, le 3 septembre, traversant dans un enclos du Muséum, situé entre les rues Buffon et Poliveau, et envahi de plantes rudérales sur le bord des allées, nous eûmes la surprise d'observer des Doryphores adultes sur des Morelles subspontanées formant des peuplements de mauvaises herbes. Deux espèces vivaient en mélange : *Solanum nigrum* L., type à feuilles glabres et fruits noirs, et *Solanum villosum* Lamk., souvent regardé comme variété du précédent, mais bien distinct par tous ses organes très velus et par ses fruits rouges à maturité. Les Doryphores vivaient exclusivement sur *S. villosum*. Le *S. nigrum* en était tout à fait indemne. Nous avons eu alors l'idée d'examiner les deux planches de l'École botanique où sont cultivés en rangs rapprochés les plantes de la famille des Solanées. Je constatai que certaines espèces étaient très envahies par les Doryphores adultes (du 3 au 16 septembre nous n'avons pas vu une seule larve), mais par contre un certain nombre de genres avaient été complètement épargnés. Comme toutes ces plantes vivent au voisinage les unes des autres, les insectes avaient la possibilité de passer d'une plante à l'autre. Ce n'est donc pas le hasard qui les a fait envahir une espèce plutôt qu'une autre; il est certain qu'ils ont choisi les espèces pour lesquelles ils avaient le plus d'appétence. L'insecte est guidé par un tropisme particulier qui l'attire vers les Solanées spéciales dont il se nourrit.

Du 3 au 16 septembre le Doryphore a été constaté sur les plantes suivantes dont nous avons vérifié (et parfois rectifié) la détermination :

Solanum cornutum L. — Plantes très envahies; cela n'a rien de surprenant, puisque cette espèce du Mexique, aujourd'hui naturalisée dans le Sud des Etats-Unis, héberge souvent dans ce pays les Doryphores. *Solanum rostratum* Dunal et *S. carolinense* L. de l'Amérique du Nord, qui, d'après

Trouvelot, auraient été les plantes sur lesquelles vivaient à l'origine les Doryphores, n'existent pas dans les cultures du Muséum.

Solanum sisymbrifolium Lamk. — C'est de toutes les Solanées cultivées au Muséum la plus envahie. Il existe dans nos plates-bandes deux fortes touffes de cette plante annuelle, larges et hautes chacune de plus de 1^m. On trouve dessus de nombreux insectes; la plupart des feuilles inférieures sont en partie mangées. On sait que cette espèce vit dans une partie de l'Amérique du Sud (le spécimen type a été découvert à Montevideo en 1767 par Commerson). Elle est remarquable par ses grandes feuilles pinnatifides très épineuses, ses larges corolles d'un blanc bleuâtre, ses fruits de la grosseur d'une cerise cachée par le calice épineux d'où le nom de *Cryptocarpum* donné par Dunal au groupe qui renferme l'espèce. Elle n'est pas connue aux États-Unis, mais elle est très voisine de *S. virginianum* L. qu'on trouvait en Virginie et en Caroline au XVIIIe siècle et jusqu'en 1814 (Pursh) et qui semble avoir disparu. *S. sisymbrifolium* mûrit ses graines sous le climat de Paris : on pourra donc le multiplier s'il peut servir de plante-piège dans les champs de Pomme de terre.

Le comportement des *Solanum* du groupe *Morella* est très variable. Nous avons dit que *S. nigrum* type était indemne, alors que *S. villosum* Lamk. était attaqué. Dans l'École botanique une autre espèce à feuilles aussi très velues, *S. gracile* Dun. du Brésil, est également attaquée; il en est de même d'une forme glabre à tiges couchées radicantes, naturalisée dans les plates-bandes et que nous rapportons à *S. incertum* Dun. (originaire de l'Inde). *Solanum Melon gena* L. (Aubergine) portait aussi quelques Doryphores.

Dans le genre *Nicotiana*, nous avons constaté que *N. rustica* L. et *N. plumbaginifolia* Viv. (souvent cultivé comme plante d'ornement) étaient les seules espèces attaquées.

Sur le *Lycopersicum esculentum* Mill. (Tomate), dont il existe de nombreuses touffes, tant dans l'École que dans quelques jardinets, on a constaté quelques rares Doryphores; beaucoup de plants n'en n'ont pas. Par contre une autre espèce, *L. Humboldtii* Dun. du Brésil, à tiges grêles couchées et à feuilles villeuses-glanduleuses, a été très envahie.

Les genres suivants cultivés au Muséum sont indemnes des attaques de Doryphore : *Atropa*, *Datura*, *Hyoscyamus*, *Lycium*, *Nicandra*, *Withania*, *Physalis*, *Cestrum*, *Mandragora*, *Dunalia*, *Capsicum*, *Salpichroa*, *Sar acha*. Chose curieuse, l'unique pied de Pomme de terre de nos collections n'a pas non plus été attaqué.

Que conclure de ces observations?

Les plantes hébergeant le Doryphore au Muséum sont, par ordre d'importance des attaques, pour la période de fin d'année : 1. *Solanum sisymbrifolium*, 2. *S. cornutum*, 3. *S. gracile*, 4. *S. villosum*, 5. *S. incertum*, 6. *Lycopersicum Humboldtii*, enfin deux espèces de Tabac.

Toutes ces espèces (sauf une, *Solanum incertum*) ont les feuilles velues glanduleuses. La plupart sont des plantes basses ou même décombantes ou couchées (sauf *S. sisymbrifolium*). Nous avons constaté aussi que chez toutes ces plantes le Doryphore adulte, au moins pour la génération d'arrière-saison, attaque exclusivement les feuilles inférieures déjà âgées. Il ne touche pas aux feuilles jeunes ni aux pousses, ni aux inflorescences. Il ne cause pour ainsi dire pas de dégâts et n'empêche pas la plante d'achever normalement son cycle de végétation.

M. **F. Marguet** fait hommage à l'Académie de la Quatrième Édition revue de son *Cours d'Astronomie à l'École Navale*.

ÉLECTIONS.

Par l'unanimité des suffrages exprimés, MM. **E. Esclangon**, **M. Delépine**, **E.-G. Barrillon** sont élus membres de la *Commission des inventions du Centre national de la Recherche scientifique appliquée*, à la place de MM. *Ch. Maurain*, *E. Jouguet*, *P. Lebeau*, précédemment élus, mais qui font déjà partie de cette Commission à d'autres titres.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Joseph Sivadjian. *La Chimie des produits pharmaceutiques.*

2° *IIIe Jubileu da* Academia das Sciências de Lisboa.

3° Academia das Ciências de Lisboa. — Gil Vicente, *vida e obra.*

4° *La Manufacture de Sèvres au* xviiie *siècle*, par M. Georges Haumont; *la Manufacture de Sèvres de* 1800 *à nos jours*, par M. Bastard.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une extension de la notion de dérivée. Fonctions de variables comvlexes.* Note de M. **Kyrille Popoff**, présentée par M. Émile Borel.

Nous avons défini ([1]) la dérivée d'une fonction de variable réelle au moyen du minimum du moment d'inertie ou du premier moment, par rapport à une droite, d'un segment de la courbe, correspondant à la fonction considérée. Dans ce qui suit nous allons montrer qu'un procédé pareil permet de définir et de généraliser la dérivée d'une fonction d'une variable complexe. On obtient ainsi, d'un autre point de vue, les beaux résultats de M. Borel sur les fonctions monogènes.

Considérons la fonction $Z = X + iY = f(z) = P(x, y) + iQ(x, y)$ et la droite $J - Z_0 = (M + iN)(z - z_0)$, passant par le point z_0, Z_0 de la courbe $Z = f(x)$ $[Z_0 = f(z_0)]$. Formons l'expression

$$D = \frac{(z - z_0)(M + iN) - (Z - Z_0)}{\sqrt{1 + M^2 + N^2}} = \frac{(\Delta x M - \Delta y N - \Delta P) + i(\Delta x N + \Delta y N - \Delta Q)}{\sqrt{1 + M^2 + N^2}},$$

analogue à l'expression donnant la distance d'un point à une droite réelle.

Le carré du module de D peut être mis sous la forme

$$|D^2| = (\alpha^2 + \beta^2)\Delta x^2 + \gamma^2(\Delta P^2 + \Delta Q^2) + 2\alpha\beta(\Delta x \Delta P + \Delta y \Delta Q) + 2\beta\gamma(\Delta y \Delta P - \Delta x \Delta Q),$$

où l'on a

$$\alpha = \frac{M}{\sqrt{1 + M^2 + N^2}}, \quad \beta = \frac{-N}{\sqrt{1 + M^2 + N^2}}, \quad \gamma = \frac{-1}{\sqrt{1 + M^2 + N^2}} \qquad (\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 = 1).$$

Le moment

$$S = \int_{(R)} |D|^2 d\sigma = (\alpha^2 + \beta^2)A + \gamma^2 E + 2\alpha\gamma B + 2\beta\gamma C,$$

où l'on a posé

$$A = \int_{(R)} (\Delta x^2 + \Delta y^2)\, d\sigma, \qquad B = \int_{(R)} (\Delta x \Delta P + \Delta y \Delta Q)\, d\sigma,$$

$$C = \int_{(R)} (\Delta y \Delta P - \Delta x \Delta Q)\, d\sigma, \qquad E = \int_{(R)} (\Delta P^2 + \Delta Q^2)\, d\sigma$$

et où les intégrales doubles sont prises dans un domaine (R), entourant le point (x_0, y_0) du plan de la variable complexe $z = x + iy$, admet une

---

([1]) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1444 et 207, 1938 p. 110.

valeur minimum donnée par

$$\frac{\frac{\partial S}{\partial \alpha}}{\alpha} = \frac{\frac{\partial S}{\partial \beta}}{\beta} = \frac{\frac{\partial S}{\partial \gamma}}{\gamma} = \lambda,$$

ce qui conduit aux équations linéaires homogènes

$$\begin{aligned} \alpha(A - \lambda) + \beta . o + \gamma B &= o, \\ \alpha . o + \beta(A - \lambda) + \gamma C &= o, \\ \alpha . B + \beta C + \gamma(E - \lambda) &= o. \end{aligned}$$

Pour que ces équations soient compatibles, il faut que le déterminant, formé par les coefficients de α, β, γ, soit nul, ce qui donne, pour la détermination de λ, l'équation

$$(A - \lambda)[(A - \lambda)(E - \lambda) - B^2 - C^2] = o.$$

La racine $\lambda_3 = A$ conduit à $\gamma = \left(-1/\sqrt{1 + M^2 + N^2}\right) = o$.

Les deux autres racines sont ici

$$\lambda_{1,2} = \frac{A + E}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{A - E}{2}\right)^2 + B^2 + C^2}.$$

Elles conduisent aux valeurs suivantes de $\alpha/\gamma = -M$, $\beta/\gamma = N$

$$M_{1,2} = \frac{2B}{(A - E) \pm \sqrt{(A - E)^2 + 4B^2 + 4C^2}},$$

$$N_{1,2} = \frac{-2C}{(A - E) \pm \sqrt{(A - E)^2 + 4B^2 + 4C^2}}.$$

Supposons maintenant que les valeurs de M et N tendent vers des limites bien déterminées lorsque les dimensions du domaine d'intégration (R) tendent vers zéro, quelle que soit la forme de (R). Dans ce cas $\lim(M_{1,2} + iN_{1,2})$ déterminera les coefficients angulaires de la tangente et de la normale au point (z_0, Z_0) de la courbe $Z = f(z)$, et l'on aura ainsi $f'(z_0) = (M_1 + iN_1)$.

Dans le cas où l'on a

$$\frac{\partial P}{\partial x} = \frac{\partial Q}{\partial y}, \qquad \frac{\partial P}{\partial y} = -\frac{\partial Q}{\partial x},$$

on constate aisément que ces limites existent, qu'elles sont indépendantes de la forme du domaine (R) et que l'on a

$$\lim(M_1 + iN_1) = \frac{\partial P}{\partial x} + i\frac{\partial Q}{\partial x}.$$

Ces limites étant des quotients d'intégrales doubles peuvent exister même lorsque les fonctions $P(x, y)$, $Q(x, y)$ sont discontinues sur un ensemble partout dense et de mesure nulle, ce qui arrive par exemple pour les fonctions considérées par M. Borel [2].

Les dérivées ainsi définies, lorsqu'elles existent, sont des fonctions continues de Z.

ÉLECTRICITÉ. — *Rôle des électrons dans la production de la force électromotrice au contact métal-électrolyte.* Note de M. **Vasilesco Karpen**, présentée par M. Aimé Cotton.

J'ai montré [1] la nécessité d'introduire, dans l'expression de la force électromotrice des piles genre Daniell, la force s'exerçant sur les cations au niveau de la surface de contact métal-électrolyte. Mais cela ne suffit pas pour comprendre le fonctionnement cinétique des autres piles, Volta, pile à gaz, Leclanché, Becquerel etc.

La présente théorie introduit de plus, *comme facteur essentiel dans la production des forces électromotrices de contact, les électrons.* Les électrons libres $(\bar{e})$ se trouvent, non seulement dans les métaux, mais aussi dans les électrolytes; ils proviennent de la dissociation des anions, particulièrement des $\overline{OH}$ et de l'hydrogène dissous : $\overline{OH} \rightleftharpoons OH + \bar{e}$; $H \rightleftharpoons H^{+} + \bar{e}$; etc.

Les électrolytes contiennent aussi des atomes métalliques, de très faible concentration, provenant de la recombinaison du cation avec l'électron.

L'électron doit être considéré comme un élément capable de s'unir aux atomes, aux cations et aux radicaux des anions et de s'en dissocier, suivant la loi d'action de masse.

La concentration des électrons dans les liquides est toujours très petite par rapport à leur concentration dans les métaux; elle varie avec l'affinité de l'électron pour les éléments contenus dans le liquide et avec la concentration de ces éléments.

L'affinité de l'électron est grande pour les halogènes, l'oxygène, l'ion H^{+}; les solutions contenant ces éléments, donc aussi les acides, sont pauvres en électrons libres,

---

(2) Voir Émile Borel, *Leçons sur les fonctions monogènes uniformes d'une variable complexe*, Paris, 1917.

(1) *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 449.

elles le sont d'autant plus qu'elles sont plus concentrées. Au contraire les solutions alcalines sont relativement riches en électrons, d'autant plus riches qu'elles sont plus concentrées, à cause de la faible affinité des électrons pour le groupe OH^-. La richesse en électrons des solutions salines varie en sens inverse de leur concentration et de l'affinité de l'électron pour le cation et le radical du sel.

Dans une solution d'acide sulfurique ou d'hydroxyde, la concentration des électrons est proportionnelle à celle de l'ion OH^- (ou inversement à celle de l'ion H^+), mais si les solutions contiennent de l'hydrogène la concentration des électrons augmente, elle diminue si les solutions contiennent de l'oxygène.

Dans la présente théorie, métal et électrolyte en contact sont considérés comme deux liquides non miscibles, de constantes diélectriques fort différentes, contenant entre autres : cations du métal, en concentrations $\mathcal{M}$ pour le métal, $\mathcal{M}'$ pour l'électrolyte; électrons libres de concentrations respectives $\mathcal{E}$ et $\mathcal{E}'$ ainsi que des atomes métalliques. Nous considérons $\mathcal{E}$ voisin de $n\mathcal{M}$, n étant la valence du métal.

L'énergie θ_m d'un équivalent de cation, à l'intérieur du métal, est plus petite que celle θ_e dans l'électrolyte; la différence $\theta = \theta_e - \theta_m$ représente le travail qu'il faut dépenser pour faire passer l'équivalent de cation du métal dans l'électrolyte. Il en est de même pour les grandeurs analogues de l'électron τ_m; τ_e; $\tau = \tau_e - \tau_m$.

Lorsqu'un métal est introduit dans un électrolyte, il n'y a pas seulement, entre ces deux milieux, un échange de cations, selon la théorie de Nernst, mais aussi un échange d'électrons.

Il semble, en effet, étrange d'admettre que les cations d'un métal touchant un liquide puissent circuler entre ces deux corps, grâce à leur concentration différente, et que les électrons, bien plus mobiles, soient retenus à l'intérieur du métal, alors que l'on sait que dans d'autres circonstances ce sont, au contraire, les électrons qui sortent du métal à l'exclusion des cations.

L'échange de cations produit, entre métal et électrolyte, une différence de potentiel V_1, déterminée par la relation d'équilibre statistique

$$(1)\qquad V_1 = \theta - \frac{RT}{n}\log\frac{\mathcal{M}}{\mathcal{M}'}.$$

D'autre part, l'échange d'électrons donne lieu à une relation analogue :

$$(2)\qquad V_2 = -\tau + RT\log\frac{\mathcal{E}}{\mathcal{E}'}.$$

Ces deux valeurs devraient être égales, *mais elles ne le sont généralement pas*, et l'équilibre statistique supposé possible n'existe pas. Le potentiel

réel s'établit à une valeur intermédiaire, par le mécanisme suivant, qui intervient seulement au voisinage immédiat de la surface de séparation des deux milieux.

Si, par exemple, $V_1 < V_2$, électrons et cations passeront en quantités équivalentes, du métal dans la solution, réduisant les concentrations du côté métal à $\mathcal{M} - x$ et $\mathcal{E} - nx$ et les augmentant du côté solution à $\mathcal{M}' + x$ et $\mathcal{E}' + nx$, x étant tel que les deux valeurs du potentiel deviennent égales :

$$(3) \qquad V = \theta - \frac{RT}{n} \log \frac{\mathcal{M} - x}{\mathcal{M}' + x} = -\tau + RT \log \frac{\mathcal{E} - nx}{\mathcal{E}' + nx}.$$

Arrivés dans la solution, électrons et cations se recombinent pour donner des atomes métalliques, qui partent aussitôt en sens contraire et arrivés dans le métal se dissocient, puis le phénomène recommence. Il s'établit ainsi un régime permanent qui se superpose à l'équilibre (3), déterminé par la valeur des concentrations sur les deux surfaces en contact.

Cette théorie de la différence de potentiel au contact permet de se rendre compte du mécanisme de fonctionnement de toutes les piles électrochimiques, ainsi que de la cause des surtensions observées en électrolyse.

PHYSIQUE ATOMIQUE. — *Nouvelles recherches sur l'élément* 93 *naturel.* Note (¹) de M. **Horia Hulubei** et Mlle **Yvette Cauchois**, présentée par M. Jean Perrin.

Nous avons poursuivi les recherches sur l'élément 93 dont l'existence à l'état naturel nous était apparue comme probable (²). Nos efforts ont porté, d'une part, sur l'analyse préliminaire de minéraux variés, susceptibles de le contenir; d'autre part sur l'obtention de souches assez enrichies pour nous permettre de le mieux caractériser. L'analyse spectroscopique a été faite comme précédemment, avec un spectrographe à focalisation pour rayons X, dans la région du spectre L caractéristique du 93.

Nous avons obtenu jusqu'ici nos meilleurs résultats avec certains échantillons de bétafites de Madagascar, tantalites-colombites, et plus

(¹) Séance du 4 septembre 1939.
(²) H. Hulubei et Y. Cauchois, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 333.

spécialement une tantalite française de la Haute-Vienne. Quelques succès avec des monazites de différentes provenances; celles du Brésil seraient plus riches que les sables monazités de l'Inde. Nos recherches sur les pechblendes sont encore incomplètes; résultats médiocres et douteux. Pour quelques échantillons de minerais de métaux de la mine du platine (platine de l'Oural, osmiridium de Tasmanie), nous avons des indications très encourageantes si l'on tient compte des faibles quantités traitées (quelques grammes). Résultats négatifs avec des molybdénites, gadolinites, fergusonites, et certaines tantalites, par exemple d'Australie. Nous avons incidemment décelé dans les minerais étudiés, de nombreux éléments autres que ceux révélés par les analyses rapportées dans la littérature scientifique.

Nos récents travaux sur le polonium ([3]) donnent une idée de la puissance de la technique spectrographique que nous avions mise au point.

Accessoirement, nous avons recherché sur nos spectres les raies K d'un élément 43 naturel qui, d'après des affirmations connues, devrait être présent dans les minéraux du type de ceux étudiés par nous et se concentrer parallèlement à ses homologues. Ces recherches ne nous ont pas encore permis de confirmer ainsi l'existence du mazurium. Cependant, un traitement classique sur quelques grammes de molybdénite de Norvège nous donnait un mélange de sulfures dans lequel le rhénium se manifestait par un spectre L intense.

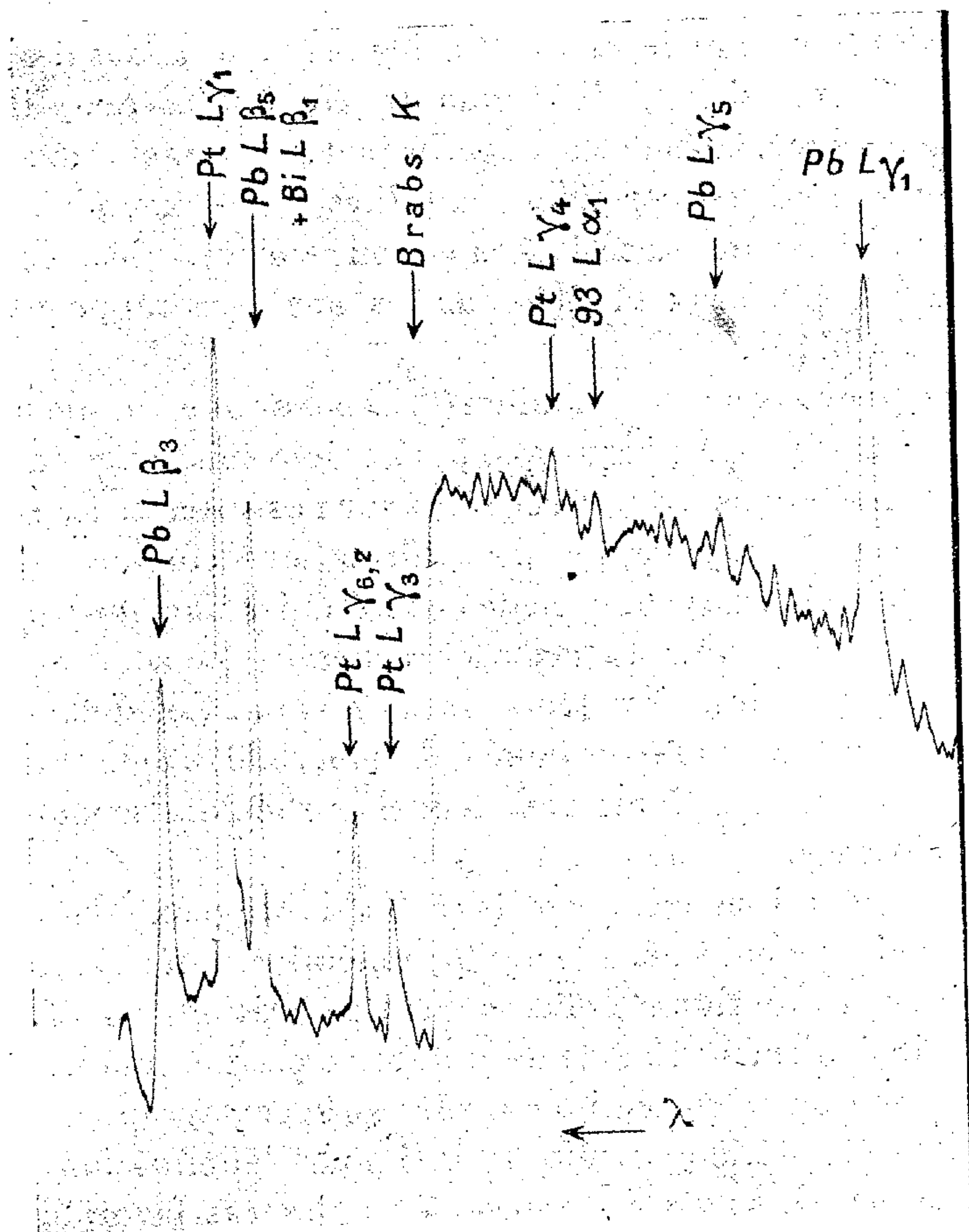
Pour le 93, nos traitements (pour lesquels M. Moyeux nous a largement secondés techniquement) dépendait du minéral étudié. Dans une phase intermédiaire, nous tentions le plus souvent de précipiter le 93 sous forme de sulfure, principalement à l'aide de sulfure de platine comme entraîneur. Chaque opération chimique était contrôlée au spectrographe. Les sulfures les plus intéressants étaient ensuite traités pour l'élimination progressive du platine. Nous avons ainsi observé, dans les cas favorables, sur des souches provenant de plusieurs kilos de minerai, le renforcement consécutif très net des raies attribuables au 93.

Nous reproduisons ici un microphotogramme d'un de nos bons clichés relatifs à la raie $L\alpha_1$.

Mentionnons que nous avons fait tous les contrôles spectroscopiques nécessaires pour chaque raie observée et travaillé avec divers cristaux sur différents plans réflecteurs, mica $(\bar{2}01)$ et (100), quartz (130) etc. Pour

([3]) H. Hulubei, Y. Cauchois et S. Cotelle, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 1204.

93 Lα_1 qui se trouve à quelques u. x. à l'extérieur, et vers les grandes fréqences du spectre L du platine, les possibilités de confusion avec des émissions propres, encore inconnues et d'ailleurs très peu vraisemblables du platine, ont été éliminées par une étude rigoureuse du spectre de cet



élément; d'ailleurs la raie 93 Lα_1 augmente d'intensité par rapport aux raies du platine au fur et à mesure de l'élimination de ce dernier. Nous avons travaillé sous environ 40 kV maximum; cela nous permettait d'éviter une émission gênante de fond continu, ainsi que des spectres K d'éléments à potentiel excitateur supérieur à cette tension.

Nos résultats, au cours de l'année écoulée, nous ont amenés à une confiance croissante dans le fait mentionné lors de notre première Note : *l'existence de l'élément* 93 *à l'état naturel.*

Nos souches fraîches, aussi bien que celles vieilles de plus d'un an, présentent une faible radioactivité α de petit parcours. Malgré les contaminations possibles, il nous semble pour le moment qu'elle soit, pour une part, attribuable au 93. Nous avions l'intention de différer cette publication jusqu'à ce que nous ayons pu nous faire une certitude sur ce point. Les circonstances nous font craindre qu'il ne nous soit difficile de terminer bientôt ce travail. Nous avons donc cru utile de faire connaître dès maintenant l'état de nos recherches sur l'élément 93 naturel; d'autant plus que la révision complète de la question des transuriens artificiels qu'imposent les travaux récents sur les brisures des noyaux, donne un intérêt supplémentaire à l'existence de noyaux durables de numéros atomiques supérieurs à 92.

Ce travail a été fait à Paris. Nous aimerions que, si l'existence de cet élément 93 est confirmée, on le nommât *Sequanium* (Sq), en hommage à la vaillante et généreuse civilisation qui a fleuri sur les bords de la Seine.

MAGNÉTOOPTIQUE. — *Pouvoir rotatoire magnétique de* C^6D^6 *et de* C^2D^5OD. *Variation thermique.* Note de M. **Charles Fert**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons déterminé la valeur de la constante de Verdet du benzène lourd C^6D^6 et de l'alcool lourd C^2D^5OD et étudié sa variation en fonction de la température pour la radiation verte du mercure λ 5461 Å. La dispersion rotatoire magnétique a été déterminée d'autre part [1]. Elle est indépendante de la température. L'étude de la variation thermique pour une seule longueur d'onde est donc suffisante.

C^6D^6 et C^2D^5OD utilisés contiennent 99,5 % en poids des corps purs. Comme pour l'étude précédente faite sur D^2O, pendant toute la durée des expériences le corps étudié se trouve en atmosphère limitée, préalablement desséchée.

Le montage expérimental a déjà été décrit [2]. Les rotations, pour le benzène, étant grandes, nous avons dû apporter plus de soin à l'élimination des faisceaux plusieurs fois réfléchis par l'emploi d'une cuve légèrement prismatique [3]. Celle-ci est du modèle Laîné, à glaces soudées et

(1) G. Dupouy, *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 453.
(2) G. Dupouy et Ch. Fert, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1298.
(3) H. Ollivier, Mlle J. Pernet et J. Lesne, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2501.

munie d'une enveloppe thermostatique. Deux diaphragmes de 5^mm de diamètre placés avant et après la cuve évitent toute réflexion sur les parois latérales de celle-ci. Dans ces conditions, les extinctions sont bonnes, même pour les rotations les plus défavorables.

Les mesures sont faites par comparaison avec l'eau bidistillée. Nous avons adopté pour la constante de Verdet de l'eau la valeur $\Lambda = 1,543.10^{-2}$ (min-gauss-cm) à 11°,5 pour λ 5461 Å ([4]). La différence de potentiel magnétique utile est 29374 gauss-cm.

Les rotations sont voisines de 35° pour C^6D^6, de 13° pour C^2D^5OD. La variation thermique est déterminée avec une précision de l'ordre de 1/1500e pour C^6D^6, de 1/1000e pour C^2D^5OD.

Variation thermique de la constante de Verdet de C^6D^6.

t°C.....	6,8.	11,9.	15,7.	16,6.	19,6.	22,1.	26,3.	31,4.
$\Lambda.10^{-2}$...	$3,642_6$	$3,617_7$	$3,594_3$	$3,588_1$	$3,568_6$	$3,558_6$	$3,535_1$	$3,508_2$
t°C.....	35,5.	40,7.	45,9.	50,8.	55,4.	62,5.	71,0.	–
$\Lambda.10^{-2}$...	$3,482_8$	$3,456_8$	$3,428_3$	$3,403_7$	$3,374_7$	$3,340_6$	$3,291_8$	–

En construisant la courbe correspondant à ces mesures, on peut voir que la variation de la constante de Verdet est linéaire.

Variation thermique de la constante de Verdet de C^2D^5OD.

t°C...........	2,3.	15,9.	17,6.	21,4.	22,6.	30,5.
$\Lambda.10^{-2}$........	$1,330_3$	$1,310_2$	$1,309_6$	$1,303_1$	$1,300_9$	$1,288_1$
t°C...........	36,0.	40,4.	49,8.	59,8.	69,5.	70,5.
$\Lambda.10^{-2}$........	$1,280_9$	$1,269_5$	$1,254_7$	$1,239_2$	$1,225_3$	$1,221_1$

Des résultats précédents nous avons déduit la valeur, à 20°C., de la constante de Verdet ; on trouve

	Λ.	λ.
C^6D^6....................	$0,0356_9$	5461 Å
C^2D^5OD...............	$0,01304_3$	5461 Å

Ces valeurs sont connues à un millième près.

([4]) R. DE MALLEMAN, P. GABIANO et F. SUHNER, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 837.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *La partie pénétrante des grandes gerbes de rayons cosmiques.* Note de MM. **Pierre Auger** et **Jean Daudin**, présentée par M. Jean Perrin.

Nous avons montré (¹), (²) l'existence d'une portion pénétrante dans les grandes gerbes atmosphériques de rayons cosmiques, ce qui peut être interprété par la présence de mésotons et aussi, au moins pour la composante de pénétration moyenne, par celle d'électrons et de photons de très grande énergie. De nouvelles expériences ont été faites au Jungfraujoch (3500^m d'altitude) avec un dispositif détecteur de la partie pénétrante des gerbes. Ce dispositif était analogue à celui avec lequel le regretté Paul Ehrenfest avait cherché à mettre en évidence les mésotons (²) dans un travail dont les présentes recherches sont la continuation.

I. Une chambre à détentes a été commandée par deux compteurs en coïncidences dont l'un était disposé au-dessus de la chambre et protégé par une voûte de plomb de $6^{cm},5$ d'épaisseur, l'autre étant placé à 4^{cm} de distance. Sur 34 clichés, aucune trajectoire ne traversait une plaque de plomb de $1^{cm},5$ disposée dans la chambre, sans créer de gerbe. Cependant sur 27 clichés de contrôle pris avec le petit compteur protégé seul, il a été possible de voir des trajectoires de mésotons, dont deux bien caractérisées. D'autre part ces clichés de la partie pénétrante de grandes gerbes présentent une valeur élevée du nombre moyen de trajectoires visibles : 7 par cliché dans une série de 54, parmi lesquels 12 portent plus de 10 rayons. Dans la meilleure série de 20 clichés, dans 11 cas plus de 2 rayons visibles ont touché le compteur protégé. Ces résultats confirment ceux publiés précédemment où nous montrions la très grande densité des rayons de grandes gerbes au voisinage d'un compteur protégé par du plomb et déclenché par cette gerbe. Il semble donc bien difficile de caractériser des mésotons dans ces parties pénétrantes, au contraire les faisceaux d'électrons de grande énergie y jouent le rôle principal.

II. D'autres expériences ont porté sur les gerbes locales à partie pénétrante. La chambre portant une plaque horizontale mitoyenne de $1^{cm},5$ de Pb était commandée par un dispositif à trois compteurs semblable à celui avec lequel Schwegler a étudié les gerbes du rayonnement pénétrant :

(¹) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 671.
(²) *Journal de Physique*, 10, 1939, p. 1.

deux compteurs nus placés directement sous la chambre, au-dessous desquels une plaque de plomb de 5 à 8^{cm} recouvrait le troisième compteur. Sur 100 clichés on a pu noter 47 gerbes; les gerbes prenant naissance dans la plaque contenue dans la chambre sont dues par moitié à des particules ionisantes (14) et par moitié à des photons (16). La plupart de ces gerbes présentent un pinceau central très dense dirigé sur le compteur couvert, et des rayons latéraux dont le nombre peut dépasser la centaine. Lorsque plusieurs concentrations se voient sur un même cliché (jusqu'à quatre), elles sont dirigées parallèlement et des trajectoires de rayons isolés leur sont aussi parallèles. Tous ces résultats sont fortement en faveur de l'hypothèse suivant laquelle les portions pénétrantes des gerbes sont en grande partie dues à des électrons d'énergie très élevée; la théorie des cascades exige pour des électrons donnant encore un effet au delà de 8^{cm} de plomb, une énergie de l'ordre de 10^{10} eV. La présence au niveau du Jungfraujoch d'électrons présentant une telle énergie suffit déjà à indiquer pour les particules primaires une énergie au moins égale à 10^{13} eV, sauf si l'énergie est apportée dans la basse atmosphère par des mésotons créés dans les premiers stades de la formation de la gerbe.

III. Dans un travail fait avec Paul Ehrenfest ([2]), nous avions noté dans la partie pénétrante des grandes gerbes, une proportion élevée de protons lents. Sur les clichés pris par la méthode décrite ci-dessus (gerbes à partie pénétrante), nous avons également relevé ce fait et, si l'on ajoute ces deux résultats, l'ensemble donne 12 trajectoires de protons relativement lents sur 150 clichés. Divers travaux, faits sans sélection systématique de la portion pénétrante (Anderson et Neddermeyer, Ehrenfest) ont donné 1 à 2 protons pour 100 clichés de gerbes. Une série de contrôle prise avec une chambre déclenchée au hasard a donné 1 proton pour le même nombre de clichés, ce qui élimine tout effet parasite. Il semble certain qu'il s'agit de protons dus à des désintégrations nucléaires, étant donné leur direction quelconque et leur faible énergie. Nos expériences conduisent donc à constater dans les faisceaux pénétrants d'électrons la présence d'un rayonnement à grande interaction avec les noyaux.

IV. Nous avons enfin cherché sur quelle surface pouvaient s'étendre les portions des grandes gerbes dont nous avons mesuré la concentration en trajectoires. La chambre de Wilson (surface utile de l'ordre de 400$^{cm^2}$) était commandée par un compteur placé à 50^{m} de distance, en coïncidence avec un second compteur placé tantôt sur la chambre, tantôt à 4^{m} de distance. Ces deux séries ont donné respectivement 69 rayons pour 30

photos et 72 rayons pour 35 photos, aucun cliché ne portant plus de 10 rayons. La densité moyenne des trajectoires calculée ainsi (40 par mètre carré) est donc répartie assez uniformément sur une surface d'au moins 20 mètres carrés, et sans doute beaucoup plus. Dans une autre série, où 2 compteurs placés près de la chambre étaient mis en coïncidence triple avec le compteur éloigné, 43 clichés ont donné 184 rayons, soit une densité de 90 par mètre carré et 5 clichés portaient plus de 10 rayons. Certes ces densités, et surtout la dernière, sont augmentées par la production de gerbes dans les parois de la chambre; néanmoins ces résultats corroborent ceux déjà trouvés (²) avec des compteurs seulement et relatifs à la sélection des portions denses des grandes gerbes par des systèmes de compteurs proches en coïncidence. Certains des clichés pris avec le dernier dispositif, qui est un sélecteur de partie dense, sont tout à fait semblables à ceux pris avec le sélecteur de portion pénétrante.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une méthode de dosage, sous forme d'ammoniac, de l'azote des amides et des nitriles.* Note de MM. **Léon Palfray, Sébastien Sabetay** et **Santiago Rovira**, présentée par M. Marcel Delépine.

Outre les méthodes générales de dosage de l'azote organique (Dumas, Kjeldahl, Will-Varrentrapp et variantes), le dosage de l'azote des amides et des nitriles se fait en général par voie de saponification alcaline ou acide (¹). Dans le premier cas, le gaz ammoniac se dégage et est titré directement; dans le second, on dose le groupe carboxyle qui a pris naissance.

Plusieurs auteurs ont déjà pensé que, dans la saponification alcaline, l'emploi d'un solvant à point d'ébullition élevé apporterait une amélioration appréciable, tant en permettant l'attaque de molécules résistantes qu'en raccourcissant notablement la durée de l'opération.

Ayant déjà montré à plusieurs reprises que l'alcool benzylique (Éb. 205°) constitue à ce point de vue un véhicule précieux pour l'emploi de la

(¹) Pour un exposé complet des méthodes, nous renverrons à H. Meyer, *Analyse und Constitutionsermittlung organischer Verbindungen*, 5te Auflage, Berlin, 1931, p. 561 et 574.

potasse, nous avons pensé qu'il se prêterait particulièrement bien au dosage des amides et nitriles.

I. Tout d'abord nous avons simplement fait bouillir, pendant un temps convenable, au sein du benzylate de potassium (sensiblement N/2), la substance étudiée. On titrait ensuite la potasse en excès. Un témoin, traité dans les mêmes conditions, donnait, par différence, la quantité d'alcali utilisée et donc la quantité d'azote.

Mais un inconvénient majeur s'est révélé : l'attaque des fioles en verre où se fait la réaction, attaque qui dans les mêmes conditions de température et de durée n'était pas constante et pouvait neutraliser jusqu'à 2^{cm^3} KOH N/2, qu'il s'agît soit du verre 202, soit du verre Kavalier 35.

Nous avons alors substitué aux fioles en verre des ballons en argent vierge, l'un d'eux servant de témoin. Comme il était prévu, le témoin fut alors constant. Malheureusement la durée de l'opération restait encore beaucoup trop grande car, dans la plupart des cas, 10 heures de chauffage avec réfrigérant à reflux, au sein d'un bain d'huile à 210°, ne suffisaient pas pour obtenir une saponification complète. Ainsi, avec le cyanure de benzyle, nous avons trouvé pour *l'indice de saponification* 438 au bout de 5 heures, 465 au bout de 10 heures, au lieu de 478,6.

II. *Dosage volumétrique de* NH^3. — Nous avons alors transformé le mode opératoire et dosé l'ammoniaque dégagée au lieu de la potasse consommée.

Un ballon en verre de 1^l, à col large, est muni d'un bouchon à deux trous. L'un reçoit un réfrigérant ascendant prolongé par un tube doublement coudé, muni d'une allonge à boule qui débouche dans un vase cylindrique de 500^{cm^3} où l'on a mis 250^{cm^3} d'eau bien neutre. Dans l'autre trou, on introduit un tube plongeant au fond du ballon et relié à une source d'azote par l'intermédiaire d'un compte-bulles à eau.

Pour une opération, on commence par garnir le fond du ballon d'une couche de petits morceaux de porcelaine poreuse, puis on introduit 100^{cm^3} d'alcool benzylique et ensuite un poids, exactement pesé, du corps à doser, correspondant à environ 1/1000° d'atome d'azote.

En dernier lieu, on ajoute 10^g de potasse pure en pastilles, adapte soigneusement tous les bouchons, et lance le courant d'azote.

On élève alors progressivement la température jusqu'à l'ébullition. Il n'y a aucun inconvénient à ce que le réfrigérant s'engorge un peu à sa partie inférieure.

A mesure que NH^3 formé arrive dans l'eau du vase cylindrique, on neutralise, en présence d'hélianthine, par SO^4H^2 N/10, s'écoulant d'une burettte graduée. L'opération est terminée lorsqu'une goutte d'acide détermine un virage orange persistant.

Dans la plupart des cas, un chauffage d'une heure était suffisant.

Voici les résultats obtenus avec un certain nombre de nitriles et d'amides.

Nitriles.	N % trouvé.	N % calculé.
C^6H^5-CN	13,80	13,59
$C^6H^5-CH^2-CN$ (2)	11,83	11,96
$C^6H^5(CH^2)^3-CN$	9,64	9,65
$C^6H^5-CH(CH^3)-CN$	10,53	10,68
$CH^3-C^6H^4-CN$	12,26	11,96
$C^6H^5-C(CH^3)^2-CN$	9,27	9,65
$C^6H^5-CH^2-CH(CN)-C^6H^5$	6,68	6,76
CH^2OH-CH^2-CN	19,04	19,71
$C^5H^{11}-O-CH^2-CN$	9,27	9,65
$CH^3-(H^2)^{11}-CN$	7,22	7,17

Amides.	N % trouvé.	N % calculé.
CH^3-CONH^2	23,42	23,72
$CH^3-CH^2-CONH^2$	18,75	19,17
$CH^3-(CH^2)^2-CONH^2$	16,11	16,09
$CH^3-O-CH^2-CONH^2$	15,35	15,73
$C^6H^5-CONH^2$	11,36	11,57
$C^6H^4(CO)^2NH$	9,42	9,52
$(C^6H^5-CO)^3N$	4,24	4,25
$OC(NH^2)^2$	46,38	46,66

D'après ces résultats, nous pensons que la méthode peut rendre de réels services dans tous les cas où l'azote peut directement ou indirectement être dégagé à l'état de NH^3. Nous nous proposons d'en étendre le domaine d'application surtout pour les substances difficilement saponifiables. En outre, elle nous semble parfaitement utilisable en microanalyse.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Mesures de l'intensité de la radiation pénétrante tellurique en Auvergne.* Note de MM. **Jean Bricard** et **Jean Jung**, présentée par M. Charles Maurain.

L'intensité de la radiation pénétrante en un point est définie par le nombre d'ions par centimètre cube et par seconde auxquels elle donne naissance. Nous avons déterminé ce nombre à l'aide d'un appareil de Kolhörster, muni de parois d'acier de $2^{mm},5$ d'épaisseur et dont nous mesurons la chute de tension en 10 minutes. Les résultats sont donnés à 3 ions près environ.

Pour contrôler le bon fonctionnement de l'appareil, nous avons fait les essais préliminaires suivants : *a*. placé dans une enveloppe de plomb de 5^{cm} d'épaisseur, il ne se décharge pas; *b*. une série de mesures faites au même endroit donne des résultats identiques. Nous avons effectué ensuite

(2) Dans l'essence concrète de Karo Karoundé (qui, comme nous l'avons montré, contient du cyanure de benzyle) cette méthode nous donne 1 %. Le Kjeldahl et le Micro-Dumas nous avaient donné 1,1 et 1,2 %. Voir *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 540.

des mesures en des stations géologiquement caractérisées du département du Puy-de-Dôme. Les résultats ont été les suivants :

Stations.	Ions par cm³ et par seconde.
I. *Terrains granitiques.*	
Ceyssat	13
Vignoles, près Lachaux	22
II. *Terrains volcaniques tertiaires et quaternaires.*	
Puy de Dôme (Pied de la Tour)	19
Puy de Dôme (Grotte, près de la route)	22
La Bourboule (Parc Fenestre)	20
Observatoire de la Côte des Landais	17
III. *Terrains oligocènes de la Limagne.*	
Lempdes	13
Entre les Martres d'Artières et Pont du Château	13
Les Martres d'Artières	13
Entre Puy-Guillaume et Chateldon	15
Joze	16
IV. *Sources minérales.*	
La Bourboule. Source Croizat (Tête du Puits)	28
La Bourboule. Source Croizat (Intérieur de la Galerie)	45
La Bourboule. Source Choussy	32
Chateldon. Source de la Montagne	36
Chateldon. Source Sergentale	27
Chateldon. Source Vecou	27
Ceyssat. Source de la Mairie	16
Source du Puy de la Poix, près Clermont-Ferrand	10
V. *Filon de quartz uranifère.*	
Filon de quartz et autunite de Lachaux	57
VI. *Sondage des Martres d'Artières.*	
Tête du sondage	195
A 5ᵐ vers le sud	150
10 »	174
20 »	105
30 »	22
45 »	16
60 »	10

Ces chiffres permettent de faire les constatations préliminaires suivantes :

Il apparaît tout d'abord que l'intensité de la radiation pénétrante tellurique est du même ordre de grandeur quel que soit le substratum géolo-

gique des stations : granites, laves ou tufs volcaniques, ou marno-calcaires oligocènes (13 à 22 ions; moyenne 16). Peut-être les sédiments oligocènes émettent-ils un rayonnement plus faible que les terrains volcaniques ou éruptifs, mais les différences sont trop petites et nos mesures trop peu nombreuses pour que nous puissions confirmer les discriminations de cet ordre, établies par E. Rothé et ses collaborateurs pour les roches d'Alsace (1).

Les sources minérales étudiées appartiennent toutes, à l'exception de celle du Puy de la Poix, sortant des terrains tertiaires de la Limagne, au groupe des eaux bicarbonatées et chlorurées sodiques, du type volcanique fumerollien. L'intensité de la radiation pénétrante tellurique y est en moyenne d'un ordre de grandeur *double* de celle des terrains précédents. Ce fait peut être mis en relation avec la forte radioactivité, déjà anciennement connue, de ces eaux.

A titre de comparaison, nous avons effectué également quelques mesures sur un filon de quartz assez riche en autunite, des environs de Lachaux. La présence de ce minéral uranifère se traduit par une ionisation notablement plus forte encore que celle des sources minérales.

Mais toutes ces valeurs sont largement dépassées par celles que nous avons trouvées à la tête de l'ancien sondage des Martres d'Artières, en Limagne, où l'ionisation atteint 195 ions par centimètre cube et par seconde. Elle reste supérieure à 100 dans un rayon d'une vingtaine de mètres, puis décroît rapidement, en sorte qu'à 50^m on retrouve les valeurs normales. L'ionisation est ici d'un ordre de grandeur plus de 10 *fois* supérieur à celui de la moyenne des terrains sédimentaires, volcaniques ou éruptifs.

Le sondage des Martres d'Artières avait été implanté en 1919 pour la recherche du pétrole dans le bassin oligocène, mais l'installation en fut anéantie lors de la traversée, à 415^m de profondeur, de couches sableuses, d'où s'échappèrent de violentes éruptions d'eaux salées bitumineuses et de gaz carbonique, qui, bien que réduites, ne sont pas encore taries aujourd'hui.

La cause géologique de l'intensité remarquable de la radiation pénétrante tellurique émise par ce sondage ne semble pouvoir être cherchée ni dans les marnes oligocènes traversées, ni dans le bitume rejeté. Par contre

(1) E. Rothé et A. Hée, *Annales de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg*, nouvelle série, 1, 3e partie, 1939, p. 7.

il nous paraît intéressant de rapprocher ce fait de la découverte de la radioactivité exceptionnelle que présentent certaines eaux salées des gisements pétrolifères de l'U. R. S. S. dépassant parfois celle des roches acides les plus radifères (2). Nous nous proposons de poursuivre l'étude de ce problème.

MÉTÉOROLOGIE. — *Contribution à l'étude des circulations atmosphériques qui s'effectuent au-dessus de la Mer rouge.* Note de M. **Robert Tournier**, présentée par M. Lucien Cayeux.

L'hypothèse a été formulée que des circulations atmosphériques du type aliséen devaient franchir la Mer Rouge en élévation, croisant en discordance les mouvements des couches basses, que connaissent tous les marins et que signalent les auteurs : vents du Nord dans la zone nord, vents du Sud dans la partie sud, les aires centrales étant zones de calme.

Gràce à l'Office National Météorologique, qui a mis des appareils à disposition, et à la Nouvelle Compagnie Havraise Péninsulaire de Navigation qui a assuré les transports, un de ses officiers, M. Laouenan, a pu faire des lancers de ballons tout le long du chemin qu'empruntent régulièrement tous les longs courriers.

Groupés en quatre séries (juillet septembre 1938-février et avril 1939) ces sondages ont été plus ou moins favorisés par les circonstances, mais 35 ont permis de tracer des graphiques.

Ce chiffre n'est pas suffisant pour qu'il soit possible de conclure, cependant il semble que l'on soit dès maintenant en droit de dire que, dans leur ensemble, ils paraissent donner la preuve de la prépondérance africaine.

L'appel de l'Afrique paraît être nettement plus puissant que celui de l'Asie.

Du fait de l'existence, l'été, de la grande dépression du Golfe Persique et alentours, cette prépondérance se trouve alors réduite. L'hiver, par contre, elle est plus accentuée.

Il semble également que l'on puisse affirmer que le régime des vents locaux soit influencé, tout au moins dans les couches basses, par l'appel simultané des deux continents. L'égale insolation de ces deux continents,

(2) W. Vernadsky, *Les problèmes de la radiogéologie*. Paris, 1935, p. 40.

qui se poursuit en des temps successifs, produit un balancement journalier de toutes ces brises locales. L'Asie, réchauffée la première, accentue les composantes orientales de ces brises, durant la fin de la matinée et l'après-midi. L'Afrique, ensoleillée quelques heures plus tard, reprend l'avantage en fin de journée.

Le seul sondage fait aux premières heures du jour (4^h du matin environ) a montré un vif courant vers l'Afrique.

On a remarqué, au cours du passage en Mer Rouge d'avril 1939, que les vents du Nord avaient soufflé régulièrement de Suez au Bab el Mandeb. Ce fait n'est observé qu'assez rarement.

Au cours de la série de sondages du mois d'avril, trois lancers ont permis d'atteindre l'altitude de 9000^m environ.

Ils ont retrouvé vers 4000^m la couche atmosphérique qui se déplace d'Ouest en Est et ne l'ont pas traversée.

D'autres sondages ont également retrouvé cette couche vers 3000 ou 4000^m, sans la traverser non plus.

Il semble que cette circulation générale d'Ouest en Est, signalée au Hoggar, au Soudan, s'abaisse légèrement en franchissant la Mer Rouge. La largeur de celle-ci serait ainsi suffisante pour que son influence puisse se faire sentir sur ces couches élevées.

Il semble encore que l'on puisse dire que la strate paraissant glisser vers l'Afrique, ou tout au moins ce qui en existe à l'aplomb du cheminement des navires, c'est-à-dire sensiblement dans l'axe de la Mer Rouge, ait une épaisseur moyenne de 2000^m au minimum, et que son déplacement s'effectue à une vitesse moyenne au moins égale à 4^m. Les observations faites de nuit conduiraient probablement à une augmentation assez sensible de ces deux nombres.

Utilisant ces résultats, on croit pouvoir dire que, si des modifications étaient apportées au système orographique qui enferme la Mer Rouge, le régime général des vents s'en trouverait également modifié. L'appel de l'Afrique pourrait être plus marqué.

Les volumes aspirés, passant plus bas, seraient plus mouillés. Leur vitesse moyenne serait un peu plus forte et la couche en déplacement plus épaisse.

De la sorte les atmosphères africaines recevraient plus d'eau de la Mer Rouge qu'elles n'en reçoivent actuellement.

PHARMACOLOGIE. — *Mesure de l'activité gonadotrophique des extraits préhypophysaires.* Note de MM. **Raymond Cahen** et **Pierre Ardoint**, présentée par M. Marc Tiffeneau.

On sait combien il importe en thérapeutique et en pharmacologie non seulement de mesurer l'activité des préparations gonadotrophiques préhypophysaires, mais encore de les distinguer des extraits placento-urinaires dont certaines actions sont nettement différentes; or la plupart des méthodes proposées à cet effet ne permettent pas de reconnaître de telles différences [1]. Nous nous sommes proposé de mettre au point une technique qui soit rigoureusement spécifique des extraits glandulaires, l'une, sur le rat hypophysectomisé, l'autre sur le coq impubère dont les testicules et la crête s'accroissent après traitement préhypophysaire.

I. *Essais sur le rat femelle hypophysectomisé.* — On opère sur des animaux d'âge et de poids moyens (120^g environ) [2] qu'on anesthésie par l'avertine (0^g,02 par 100^g); on découvre la selle turcique par voie péripharyngée suivant la technique de Smith modifiée [3]; la paroi étant perforée à l'aide d'un trépan, on peut enlever aisément l'hypophyse par aspiration dans le vide. Les soins postopératoires sont indispensables (maintien à + 25°, injection d'huile camphrée), enfin on contrôle pendant 10 jours la disparition de l'œstrus, signe de l'arrêt de la stimulation hypophysaire. On injecte alors l'extrait une fois par jour, durant une semaine et l'on détermine le pourcentage d'animaux chez lesquels on observe, dans les 96 heures, la présence de cellules kératinisées.

Comme le montre le tableau ci-contre, l'œstrus n'apparaît qu'après traitement hypophysaire. Cette méthode est donc spécifique, mais elle n'est pas d'application pratique, étant donné le petit nombre d'animaux qui résistent (30 à 40 %).

II. *Essais sur le coq impubère.* – Chez le coq impubère, de race *White Leghorn*, âgé de 7 semaines, l'injection d'extrait préhypophysaire provoque la maturité sexuelle précoce alors que les produits placento-urinaires restent sans effet, comme l'avait constaté Riddle [4] sur le pigeon.

---

(1) R. Cahen et P. Ardoint, *C. R. Soc. Biol.*, **123**, 1936, 547.

(2) Chez les animaux trop jeunes l'hypophysectomie est difficile et parfois impossible; d'autre part les animaux âgés sont moins sensibles aux préparations hypophysaires.

(3) *Anat. Rec.*, **11**, 1916, 57.

(4) O. Riddle et I. Polhemus, *Am. Journ. Physiol.*, **98**, 1931, p. 121.

Pour le titrage biologique les deux tests ci-dessous sont mis en œuvre : pesée des testicules et évaluation de la surface de la crête.

a. Pesée des testicules. — On procède à l'ablation des testicules; on fixe ceux-ci pendant vingt-quatre heures, dans du liquide de Bouin; on les pèse, on rapporte le poids à celui de 1^kg d'animal et détermine le pourcentage d'accroissement des organes par rapport aux témoins de même souche. Cette méthode présente l'inconvénient de nécessiter une opération parfois mortelle, mais les résultats auxquels elle conduit sont des plus précis, à condition d'expérimenter au moins sur six animaux.

b. Accroissement de la surface de la crête. — On détermine l'accroissement de surface de la crête, sur leur silhouette photographique prise avant et après injection d'extrait. Renonçant à effectuer les longues et coûteuses manipulations nécessitées par la prise du négatif et son agrandissement en positif, on se borne à projeter la silhouette sur papier. On applique exactement la crête sur une feuille de papier sensible et expose à la lumière pendant quelques secondes. Au développement, seule la crête apparaît blanche sur fond noir en grandeur naturelle. On effectue alors la mesure de la crête au moyen du planimètre de Morin. Cette méthode est plus rapide, mais elle est bien moins précise.

Le tableau suivant résume l'ensemble des résultats.

Action comparée des extraits préhypophysaires et placento-urinaires sur le coq impubère et le rat hypophysectomisé.

	Extraits préhypophysaires							Extraits placento-urinaires		
	H_1.	H_1.	H_1.	H_4.	H_4.	H_5.	H_5.	P_1.	P_2.	P_2.
Dose injectée (cm³)......	1,20.	1,80.	2,40.	0,45.	2.	0,10.	0,30.	41000γ.	6γ.	60γ.
Pourcentage d'accroissement : Poids du testicule (coq).	0	75	420	105	–	–	31	–	14	10
Pourcentage d'accroissement : Surface de la crête (coq).	54,5	22,2	44,2	51,5	–	–	63,5	–	4,6	2,3
Pourcentage d'œstrus (rate)............	86	–	–	60	100	86	80	0	0	0

Conclusions. — La mesure de l'activité gonadotrophique des extraits préhypophysaires a été effectuée par trois méthodes nettement spécifiques, 1° détermination du pourcentage de l'œstrus chez un certain nombre de rats hypophysectomisés, son exécution est assez difficile; 2° mesure de l'accroissement de la crête du coq impubère; cette technique est relativement facile, mais ses résultats sont peu précis; 3° augmentation de poids du testicule chez le coq impubère; c'est la méthode la plus précise, mais aussi la plus onéreuse.

MICROBIOLOGIE. — *Comportement du virus de typhus murin chez le pou de l'âne*, Hæmatopinus asini (*Lin.*). Note ([1]) de MM. **Georges Blanc**, **L.-A. Martin** et **M. Baltazard**, présentée par M. Louis Martin.

Le virus du typhus murin a pu être isolé, dans la nature, des puces de rat *Ceratophyllus fasciatus* et *Xenopsylla cheopis;* il est facile de les infecter expérimentalement ainsi que les puces du chien, du chat et de l'homme. Les ectoparasites du rat, poux et acariens gamasidés, peuvent être infectés et aussi d'autres parasites tels que la punaise des lits et certains ixodidés. Enfin le pou de l'homme a été trouvé infecté dans la nature et a pu être contaminé expérimentalement.

Il apparaît donc que la *Rickettsia* du typhus murin peut se développer chez des vecteurs très divers, mais cependant tous parasites habituels ou possibles des rongeurs ou de l'homme.

Il nous a semblé intéressant de rechercher si ce développement pouvait être obtenu chez des ectoparasites totalement étrangers à l'homme et aux rongeurs.

Nous avons choisi le pou de l'âne, *Hæmatopinus asini*, que nous avons cherché à infecter sur son hôte normal, en créant des conditions aussi proches que possible de celles du cycle naturel du virus.

L'âne fait, en effet, une infection fébrile nette lorsqu'il est inoculé par voie veineuse avec une forte quantité de matériel virulent ([2]). Au cours de cette infection, le virus peut être retrouvé dans le sang et le sérum montre un pouvoir agglutinant net pour le *Proteus* X 19.

Il est, d'autre part, aisé de se procurer des animaux porteurs de poux.

Voici le résumé succinct de nos expériences :

Technique. — 1° *Recherche du virus chez les poux.* — Des poux vivant sur un âne inoculé sont prélevés par lots échelonnés. Lavés à l'alcool puis à l'eau physiologique, ils sont ensuite broyés et le produit de broyage, dilué dans quelques centimètres cubes d'eau physiologique, est inoculé à des cobayes mâles, par voie intrapéritonéale.

2° *Recherche du virus dans le sang de l'âne.* — Lors de chaque broyage de poux, une certaine quantité de sang de l'âne (5^{cm^3} en général) était inoculée à d'autres cobayes mâles par la même voie péritonéale; cette inoculation, permettant de comparer la virulence du sang à celle des poux afin d'éliminer l'objection, toujours valable dans

([1]) Séance du 11 septembre 1939.

([2]) Georges Blanc et L.-A. Martin, *C. R. Soc. Biol.*, 120, 1935, p. 322.

les expériences faites avec des parasites hématophages, d'une simple conservation, dans le tube digestif de l'insecte, du sang virulent ingéré, sans développement vrai ni multiplication.

3° *Recherche du virus dans les déjections des poux.* — La présence de virus dans les déjections des poux d'âne étant la signature de la multiplication intestinale, devait montrer, si elle existait, la parfaite adaptation de la *Rickettsia* à cet hôte étranger. Des poux recueillis sur l'âne infecté sont mis à l'étuve à 37° pendant 12 à 24 heures. Les déjections sont recueillies, les poux qui les ont émises sont broyés et inoculés au cobaye, afin de comparer le pouvoir infectant des poux à celui de leurs déjections. Les déjections, elles, sont inoculées à l'homme, beaucoup plus réceptif que le cobaye; on sait, en effet, qu'il faut plus de 1^{mg} de déjections de puces infectées pour donner au cobaye un typhus murin caractéristique alors que 1/100e, voire 1/1000e de milligramme suffit toujours à infecter l'homme. La petite quantité de déjections dont nous disposions nous a fait choisir l'inoculation à l'homme, pratiquée sur des P. G.

Les résultats obtenus peuvent se résumer ainsi :

Pendant les premiers jours qui suivent l'inoculation, les poux ne sont pas virulents. Ils le deviennent à partir du 10e jour alors que la maladie apparente de l'âne est déjà terminée. On trouve encore des poux infectés sur l'âne plus de 20 jours après l'incubation. Il n'y a donc aucun rapport entre leur pouvoir infectant et celui du sang de l'âne; en effet, le sang peut devenir virulent dès le 3e jour qui suit l'inoculation et il ne l'est plus après le dixième jour. L'inoculation de la maladie chez les cobayes inoculés avec des poux est toujours très courte et la réaction scrotale bien marquée, alors que les cobayes inoculés avec le sang de l'âne peuvent faire, soit une maladie inapparente, soit une maladie à incubation longue pouvant atteindre 15 jours. Le virus s'est donc très fortement multiplié chez l'ectoparasite. Les lentes des poux ne sont pas infectantes; il n'y a pas de transmission héréditaire.

Les déjections des poux sont virulentes. Les quatre expériences que nous avons faites avec des déjections de poux récoltées du dixième au vingtième jour ont été positives.

Ces expériences, premiers résultats d'un travail en cours, apportent une nouvelle confirmation à l'ubiquisme des *Rickettsias* chez les invertébrés. Elles montrent que si, sans doute l'évolution des *Rickettsias* de typhus murin dans la nature est bien liée aux rongeurs et à leurs puces, cette spécificité parasitaire ne reste stricte que parce qu'elle comporte l'ensemble des conditions biologiques les plus favorables donnant au virus ses meilleures chances d'évolution.

MICROBIOLOGIE. — *Sur l'existence d'un antigène somatique non protéique commun aux variantes smooth et rough des* Salmonella. Note [1] de M. André Boivin, présentée par M. Louis Martin.

Traitons à froid le bacille typhique rough par de l'acide trichloracétique, centrifugeons à grande vitesse, dialysons aussitôt l'extrait bactérien ainsi obtenu et additionnons finalement cet extrait dialysé de cinq à six volumes d'acétone. Un léger précipité se forme lentement, qu'on peut recueillir par centrifugation et dessécher dans le vide. On aboutit de la sorte à une matière qui se redissout aisément dans l'eau, qui n'est ni dialysable ni ultracentrifugeable [2], qui ne donne aucune des réactions des protéines et qui, à l'hydrolyse chlorhydrique, libère beaucoup de sucres et de petites quantités de substances acidiques insolubles dans l'eau et solubles dans l'éther (acides gras probablement). Le précipité acétonique n'est pas toxique pour la souris, à la dose de plusieurs milligrammes dans le péritoine. Injecté au lapin, à plusieurs reprises, il provoque l'apparition d'un anticorps absolument distinct des anticorps typhiques H, O et Vi. Cet anticorps particulier précipite spécifiquement les solutions du précipité acétonique. Ce dernier renferme donc un antigène distinct des antigènes typhiques H, O et Vi. Le même antigène se retrouve, en mélange avec les antigènes O et Vi, dans les fractions non ultracentrifugeables des extraits trichloracétiques obtenus à partir des variantes smooth mobiles et immobiles du bacille typhique. C'est dire qu'il s'agit d'un antigène somatique commun à toutes les variantes de la bactérie. Bien mieux, nous avons pu nous rendre compte qu'il existe également, tant dans les formes smooth que dans les formes rough, des autres *Salmonella*. Nos expériences ont porté sur les germes suivants : paratyphiques A, B et C, bacille d'Aertrycke et bacille de Gärtner. Aucune trace du même antigène n'a été rencontrée chez trois colibacilles et chez deux dysentériques (Shiga et Flexner). On se trouve donc en présence d'un antigène somatique *groupe spécifique* caractéristique des *Samonella*, qui existe seul dans les formes rough et qui, dans les formes smooth, se rencontre en mélange avec l'antigène *type spécifique* O (et éventuellement avec l'anti-

---

(1) Séance du 11 septembre 1939.

(2) Voir, en ce qui concerne l'ultracentrifugation des extraits bactériens, notre Note des *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 416.

gène Vi). Nous appellerons provisoirement *antigène* R cet antigène et *anticorps* R l'anticorps correspondant ([3]). Nous avons montré précédemment que les deux antigènes O et Vi, tels qu'on peut les retirer du bacille typhique par notre méthode à l'acide trichloracétique, sont également capables de vacciner la souris contre l'infection éberthienne expérimentale et que les deux anticorps correspondants sont susceptibles, au même degré, d'assurer la protection passive de la souris contre l'infection en question ([4]). L'antigène R ne présente, par contre, aucune action immunisante antiinfectieuse chez la souris et l'anticorps R se révèle, de même, comme étant dépourvu de tout pouvoir protectenr antiinfectieux chez le même animal.

Il y a une dizaine d'années, Furth et Landsteiner d'une part et Bruce White d'autre part ont indiqué qu'on peut obtenir, à partir des variantes rough des diverses *Salmonella*, un haptène de nature vraisemblablement polysaccharidique et présentant une spécificité de groupe dans les réactions de précipitation par les sérums antibactériens. D'après une théorie formulée par Bruce White ([5]), cet haptène correspondrait à un hypothétique antigène somatique particulier, commun à toutes les *Salmonella* et existant en surface dans les variantes rough et en profondeur dans les variantes smooth, où il se trouverait recouvert par l'antigène somatique O, spécifique du type. Nos observations sont en bon accord avec cette théorie, car l'anticorps R qui ne montre aucun pouvoir agglutinant sensible à l'égard des variantes smooth des *Salmonella* est doué d'un certain pouvoir agglutinant, assez faible du reste, vis-à-vis des variantes rough.

Notons, pour terminer, que, dans une publication toute récente,

---

([3]) Nos préparations ne renferment pas l'antigène R à l'état de pureté chimique, mais en mélange avec des substances glucidiques sérologiquement inactives et partiellement séparables de l'antigène par des précipitations fractionnées à l'acétone. C'est dire qu'il serait prématuré de spéculer sur la nature chimique précise de l'antigène R. Tout ce qu'on peut dire c'est qu'il s'agit d'une substance qui n'est sûrement pas protéique et qui est très probablement glucidique.

([4]) A. Boivin et L. Mesrobeanu, *C. R. Soc. de Biol.*, **128**, 1938, p. 837; **130**, 1939, p. 683; *Revue d'Immunologie*, **4**, 1938, p. 469.

([5]) *Journ. Path. Bact.*, 36, 1933, p. 65. En réalité, la théorie de Bruce White est encore plus compliquée, car il y aurait en superposition trois antigènes somatiques dans les formes smooth et deux dans les formes rough habituelles, pendant que certaines formes rough, exceptionnelles comme particulièrement dégradées (formes ρ), ne renfermeraient qu'un seul antigène.

Henderson (6) a signalé l'existence, dans les extraits glycoliques des bacilles typhiques smooth et rough, de principes antigéniques distincts des antigènes O et Vi par leur comportement sérologique. Nos observations viennent ainsi en confirmation et en extension de celles de l'auteur anglais.

M. MARCEL BAUDOIN adresse une Note intitulée *La dent en fourche préhistorique, mutilation opératoire cultuelle.*

La séance est levée à $15^h 40^m$.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES D'AOÛT 1939.

Voyage zoologique d'Henri Gadeau de Kerville en Asie-Mineure (*avril-mai* 1912). Tome premier, première partie. *Mémoires sur les Myriopodes et les Isopodes récoltés pendant ce voyage*, par CARL ATTEMS et ALCESTE ARCANGELI. *Récit sommaire du voyage et liste méthodique des Invertébrés et des Vertébrés récoltés en Asie-Mineure*, par HENRI GADEAU DE KERVILLE. Paris, Paul Lechevalier, 1939; 1 vol. $25^{cm},3$.

Pour un Gouvernement de Salut Public et la Paix Sociale, par ADRIEN ROUX. Paris, Éditions du Génie moderne, s. d.; 1 vol. $22^{cm},5$.

La Famille. Résumé d'une conférence faite le 10 décembre 1913 au Siège de l'École des Hautes Études sociales, par ADRIEN ROUX, s. l. n. d.; 1 fasc. $21^{cm},5$.

A Infancia da Academia (1788-1794). *Visita aos arquivos do Reino : Correspondência a tal respeito de João Pedro Ribeiro, Santa Rosa de Viterbo* etc., par ANTONIO BAIÃO. Lisboa, Academia das Ciencias, 1934; 1 vol. $22^{cm},5$.

Tú Chung Thuyet Minh, par LÊ-HUY-PHACH. Hanoï, 1939; 1 vol. 19^{cm}.

Academia das sciencias de Lisboa. *Para a historia da Academia das sciencias de Lisboa*, par CHRISTOVAM AYRES. Coimbra, Imprensa da Universidade, 1927; 1 vol. 23^{cm}.

Observatoire Jarry-Desloges. Sétif. *Observations des surfaces planétaires. Mars, Saturne, La Lune, Mercure, Vénus, Jupiter.* Fascicule VIII. Années 1921 et 1922. Abbeville, Imprimerie F. Paillart, 1933; 1 vol. 25^{cm} (présenté par M. E. Esclangon).

La Sidérurgie armoricaine, par LÉON PUZENAT. Rennes, Imprimerie de l'Ouest-Éclair, 1939; 1 vol. 25^{cm}.

---

(6) *Brit. Journ. Exp. Path.*, 20, 1939, p. 11.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 SEPTEMBRE 1939.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE BÉHAL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

En déposant sur le bureau de l'Académie un deuxième Supplément à l'*Inventaire des Périodiques scientifiques des bibliothèques de Paris*, entrepris sous son égide, M. **ALFRED LACROIX** s'exprime en ces termes :

En présentant le résultat de la nouvelle étape (1) d'un effort qui, sans interruption, dure depuis près d'un quart de siècle, il me sera permis de jeter un regard en arrière sur le chemin parcouru.

Lorsqu'en 1915 je me suis décidé à entreprendre un *Inventaire des Périodiques scientifiques des Bibliothèques de Paris*, j'ai invité les administrateurs, conservateurs et directeurs des principales bibliothèques de la Capitale à venir à l'Académie pour prendre connaissance du programme de mon projet et le discuter.

A la sortie de cette réunion, qui fut cordiale et pleine de promesses, je descendais l'escalier de l'Institut avec mon cher confrère Chatelain, conservateur de la Bibliothèque universitaire. Il me prit affectueusement par le bras et me dit : « Mon ami, c'est très bien ce que vous entreprenez; je suivrai de près avec sympathie, mais aussi avec curiosité, votre tentative, à laquelle je souhaite le succès, car, si vous réussissez, vous aurez démontré qu'un Secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences est un homme bien puissant ! » Et, comme je m'étonnais, il ajouta avec un fin sourire quelque peu moqueur : « Vous verrez ».

Et, en effet, je n'ai pas tardé à voir.

N'étant pas du « métier », j'avais naïvement pensé qu'il suffirait de réunir les inventaires particuliers de chaque bibliothèque, d'unifier leur rédaction, s'il y avait lieu, de les mettre sur fiches, puis de les fondre en une liste unique, bien coordonnée. Mon vieil ami Richard, qui était venu prendre sa retraite dans mon laboratoire du Muséum,

---

(1) ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'INSTITUT DE FRANCE, *Inventaire des Périodiques scientifiques des Bibliothèques de Paris*, dressé sous la direction de M. ALFRED LACROIX, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, par M. LÉON BULTINGAIRE, avec la collaboration des bibliothécaires de Paris.

courageusement, se mit aussitôt en route, mais, dès les premières prospections, il s'avéra qu'aucune bibliothéque parisienne, même parmi les plus grandes, n'avait l'inventaire de ses périodiques scientifiques complet et au courant; certaines même n'en avaient peut-être pas du tout.

Il fallut tout d'abord obtenir que ces inventaires fussent complétés, ou entrepris, puis réalisés; ce n'était pas chose facile et ce fut fort long. Neuf ans plus tard, grâce à M. Bultingaire, bibliothécaire très averti, qui avait bien voulu venir à notre aide et bientôt consacrer sa compétence et son dévoûment à cette œuvre, parut enfin un premier fascicule. Il fut accueilli avec quelque surprise par les milieux autorisés, fort sceptiques sur la possibilité d'un succès. Cette surprise se mua en sympathie croissante, à mesure qu'était mieux reconnue l'utilité de l'œuvre et qu'avec un rythme accéléré paraissaient (1924-1925) les trois fascicules suivants. Ils complétèrent un volume de 1104 pages, à deux colonnes, renfermant des renseignements qualitatifs et quantitatifs sur environ 18000 périodiques morts ou vivants, contenus dans les 115 bibliothèques inventoriées. De tels résultats n'avaient été obtenus que grâce à l'active collaboration du personnel de toutes les bibliothèques intéressées, qui nous fournissait des documents chaque jour plus nombreux et plus précis.

J'estime que nous n'avons pas seulement rendu service aux usagers des bibliothèques, et que l'un des principaux et des plus utiles résultats de notre entreprise a été de mettre toutes les bibliothèques de Paris dans la nécessité de compléter ou d'établir rigoureusement leur inventaire de périodiques scientifiques pour le grand bien des bibliothécaires eux-mêmes. Le nombre considérable des additions et corrections contenues dans un premier *Supplément*, publié en 1929, et dans celui qui paraît aujourd'hui, montre que ce travail de prospection et de révision a été fructueux; mais je suis persuadé que, malgré le dévoûment de nos collaborateurs, il n'est pas définitif et que de nouvelles découvertes sont encore à faire sur les rayons de nombre de dépôts.

Cet Inventaire est donc essentiellement une œuvre collective, notre rôle a été surtout d'ordonner et de mettre en place les documents fournis par chaque bibliothéque. C'est par suite à ceux qui les dirigent que revient le mérite de la précision plus ou moins grande des renseignements les concernant, et il serait injuste de nous reprocher, comme on l'a fait parfois, les lacunes et les inexactitudes qui ont pu être décelées çà et là. D'ailleurs, au cours des dix années qui séparent l'apparition du présent Supplément de celui qui l'a précédé, M. Bultingaire a mis beaucoup de diligence et d'intelligence à faire lui-même sur place dans certaines bibliothèques des vérifications qui ont diminué maintes de ces verrues, si difficiles à éviter dans une telle profusion de titres et de données numériques. Dans le cas qui nous occupe, leur existence a été favorisée par les fréquents changements de titre de certains périodiques, par la transformation ou la mort de plusieurs bibliothèques, par la fusion ou la naissance d'autres. Actuellement le nombre des bibliothèques parisiennes inventoriées est passé de 115, en 1924, à 143, et celui des périodiques (Science pure et applications de celle-ci), qu'elles renferment, de 18000 à environ 25000.

L'utilité d'un Inventaire tel que celui-ci a été démontrée non seulement par l'usage quotidien qui en est fait dans les bibliothèques et les laboratoires français et même dans certains de ceux de l'étranger, mais encore par la floraison d'œuvres analogues ou même identiques qui ont suivi son apparition.

Si donc, à plus d'un point de vue, nous pouvons nous féliciter des résultats obtenus, par contre il faut reconnaître l'échec d'une tentative d'une grande importance pratique qui m'a longtemps préoccupé et pour laquelle je pensais avoir trouvé une solution satisfaisante, c'est celle qui consisterait à obtenir que les fragments de périodiques scientifiques, épars en si grand nombre dans des bibliothèques différentes et souvent étrangers à leur objet essentiel, soient concentrés dans celle étant la plus indiquée pour les recevoir et où ils constitueraient des séries aussi complètes que possible.

Pour obtenir un tel résultat, j'ai vainement prêché dans le désert et j'ai le regret de devoir accentuer encore ce que, en 1929, j'ai écrit dans la Préface du premier Supplément de cet Ouvrage. Aujourd'hui je ne dirai plus : « Je crains qu'il ne faille beaucoup d'années », mais « Je suis certain qu'il faudra beaucoup d'années pour atteindre un semblable idéal, car il est plus difficile de modifier l'esprit des hommes que leurs institutions. J'ai la conviction profonde que beaucoup de persévérance et de suite dans les desseins finiront, tôt ou tard, par faire triompher une solution que préconise le bon sens et qu'imposera la nécessité ».

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les variations de la couleur des gousses et des graines des Haricots*. Note (¹) de M. LUCIEN DANIEL.

Au cours de la saison pluvieuse que nous venons de traverser, j'ai pu observer de nombreuses variations de couleur chez les Haricots que je cultive à Erquy, c'est-à-dire la Princesse, le Flageolet vert et leurs descendants, sous l'action des à-coups de végétation (pluies, grêle, orages et bourrasques) survenus au cours de cet été (²). Les pieds des Haricots nains surtout ont été déracinés et brisés par l'orage du 4 juillet, accompagné de grêlons et d'un fort vent. Les tiges, les feuilles et les inflorescences formaient un fouillis informe, imperméable aux rayons solaires, mais dans lequel existaient des poches irrégulières remplies d'un air confiné et chaud. Malgré un redressement des tiges effectué de suite avec soin, la végétation, qui était superbe auparavant, n'est jamais revenue à l'état normal chez les parties restées saines. Les feuilles blessées ont jauni et finalement noirci, formant un *écran opaque*, un peu *distant* des tiges ou des gousses, ou bien *collé* à leur surface comme un *gabarit* sur un fruit.

La première conséquence de l'écran fut le jaunissement de la chlorophylle, suivi de l'étiolement complet chez les gousses, rappelant ainsi la couleur beurre ou blanche chez certaines variétés, couleur devenue héréditaire.

(¹) Séance du 18 septembre 1939.

(²) LUCIEN DANIEL, *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 389.

La formation de ces couleurs a été surtout marquée à la maturité des gousses et j'en ai sélectionné les graines pour en étudier l'an prochain l'hérédité à l'aide du semis. Cette action était une conséquence normale de l'insuffisance de l'éclairement; elle fut suivie de la suppression de la chlorovaporisation qui joue un grand rôle dans la transpiration. L'organe, gorgé d'eau, eut recours à l'émission d'eau à l'état liquide (sudation), mais cette fonction fut elle-même contrariée par l'imbibition de l'eau contenue dans les poches à l'état de vapeur, de telle sorte que cette sécrétion devint visqueuse, caractère de la pléthore aqueuse des tissus. Suivant que l'écran était total ou partiel, la pléthore de la gousse était générale ou localisée. Les jeunes graines, chez les gousses en voie de développement, subirent le contre-coup de l'état de celles-ci et avortèrent en totalité ou en partie. Dans ce dernier cas, l'avortement se produisit soit par la région supérieure de la gousse, soit par son milieu ou sa pointe inférieure, enregistrant ainsi l'état biologique de ces régions suivant la direction de l'organe dressé de haut en bas ou de bas en haut, horizontalement ou courbé en faux plus ou moins. Quand la pourriture n'apparut pas après l'avortement des graines et que une ou deux de celles-ci seules se développèrent, elles atteignirent une taille anormale en bénéficiant de la nourriture qui était destinée aux graines avortées. Cela se comprend naturellement.

Dans le cas de pourriture, même partielle, des moisissures se développèrent bientôt, couvrant d'un voile blanc la gousse entière ou seulement les parties pléthoriques; quand vint une éclaircie, le feutrage blanc mycélien se dessécha et le champignon passa à l'état de sclérote. Dans le cas de plaques pléthoriques couvrant partiellement la gousse au-dessus d'une graine colorée déjà en partie à l'abri de la lumière, comme dans ma race nouvelle à *grains bleus*, la formation de la couleur bleue existait en dehors du gabarit, mais elle était rouge brique ou vert pâle sous celui-ci. J'ai remarqué que si le gabarit était incomplet ou irrégulier, formant une sorte de mosaïque, la couleur se transformait elle-même en une sorte de mosaïque et la graine devenait *marbrée* au lieu d'être d'un coloris uniforme. D'autres variations de coloris existaient au voisinage de l'ombilic, point d'arrivée des liquides nutritifs, à la fois dans la couronne qui enveloppe l'ombilic et dans la région voisine de celui-ci.

Sous l'influence de l'excès d'eau, il s'est produit encore d'autres changements portant sur les réserves amylacées. L'amidon s'est transformé en dextrine probablement et s'est ramolli pendant que les téguments se plissaient en totalité ou en partie seulement suivant la position des graines

dans la gousse et la direction de celle-ci par rapport à la verticale. Ces graines, même peu plissées en un seul bout, se dessèchent, meurent par dessiccation et ne peuvent se conserver.

Déjà, l'an dernier, j'avais obtenu des graines à coloration uniforme et d'autres panachées à des degrés divers à la suite de maturations brusquées suivies de pluies. Quelques-unes de ces variations se sont maintenues cette année par semis. Je me propose de continuer ces essais intéressant l'hérédité des caractères acquis et l'origine des races chez le Haricot.

ÉLECTIONS.

Par l'unanimité des suffrages, M. G. **Claude** est élu Membre de la *Commission des inventions du Centre national de la Recherche scientifique appliquée*, à la place de M. *E.-G. Barrillon*, précédemment élu, mais qui fait déjà partie de cette Commission à un autre titre.

CORRESPONDANCE.

MÉCANIQUE. — *Calcul des couples de perte dus au frottement et à la ventilation dans les machines tournantes d'après la courbe de ralentissement.* Note [1] de M. **F. Cathelin**.

La courbe de ralentissement résultant des seules forces d'inertie de la partie tournante peut se représenter par la formule empirique

$$t = T_0 - \frac{\omega}{\sqrt{\frac{A}{\omega + \alpha} + B + C\omega + D\omega^2}},$$

t désigne le temps; T_0 représente la durée du ralentissement depuis la suppression de l'effort moteur jusqu'à l'arrêt; ω est la vitesse angulaire; α, A, B, C et D sont des constantes (α positif).

Le tableau ci-après donne la comparaison entre les résultats tirés de la

---

[1] Séance du 18 septembre 1939.

courbe expérimentale, tracée au mieux, et les résultats calculés, pour huit essais d'alternateurs de caractéristiques différentes.

Puissance des machines (KVA).	Vitesse normale (t/m).	Période de ralentissement. Vitesse initiale (t/m).	Durée (secondes).	Nombre de points relevés.	Écarts relatifs. Moyenne arithmét. sur 25 mesures (en %).	Maximum. (en %).
375..........	1500	1710	460	25	0,45	1,00
655..........	1500	1500	510	27	0,78	1,90
1200..........	1000	1105	430	27	0,71	1,71
2500..........	750	760	870	30	0,71	2,10
3500..........	750	935	1290	34	0,38	1,74
4300..........	500	550	1645	61	0,43	1,08
7500..........	750	820	1452	30	0,72	1,52
11000..........	500	525	1795	33	0,85	1,80

Nota. — Les paliers des deux dernières machines sont à graissage sous pression, les paliers des autres machines sont à graissage par bagues.

En dérivant cette formule, on obtient pour la valeur C des couples de perte l'expression (I désignant le moment d'inertie)

$$C = -I \frac{\left(\frac{A}{\omega+\alpha} + B + C\omega + D\omega^2\right)^{\frac{3}{2}}}{\frac{A\omega}{2(\omega+2)^2} + \frac{A}{\omega+\alpha} + B + \frac{C\omega}{2}}.$$

Si l'on ne veut pas tenir compte des variations du couple de frottement aux faibles vitesses angulaires $\left[\text{variations qui dépendent principalement du terme } \frac{A}{\omega+\alpha}\right]$, la formule se simplifie et devient

$$t = T'_0 - \frac{\omega'}{\sqrt{A' + B'\omega' + C'\omega'^2}}$$

avec $\omega' = \omega - \omega_0$, ω_0 étant la vitesse angulaire minimum considérée à laquelle correspond la durée T'_0 de ralentissement, A′, B′ et C′ étant de nouvelles constantes.

Cette dernière formule se ramène à une équation du second degré d'où l'on peut tirer ω' en fonction de t par une expression intégrable au moyen des fonctions élémentaires, et qui permet de calculer le nombre de révolutions accomplies dans un temps donné; la comparaison de ce résultat avec le nombre de révolutions effectives, facilement mesurable, permettra d'évaluer le degré d'approximation que donne la formule.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur la stabilité de deux files de tourbillons dans un canal de largeur finie.* Note ([1]) de M. **Hiranya Kumar Dasgupta**, présentée par M. Henri Villat.

L'étude de la stabilité de deux files de tourbillons d'intensité I et — I, symétrique et asymétrique, a été le sujet de mémoires divers. Nous considérerons ici la stabilité de ces systèmes dans un canal de largeur ω_1. En appelant h la distance des deux files, $2\omega_3/in$ celle des deux tourbillons consécutifs de la même file, et V la vitesse commune du système, et aussi en désignant par z_k et z'_k les coordonnées des tourbillons de files différentes, on peut écrire

$$z_k = z_{k0} + \zeta_k + \mathrm{V}t, \qquad z'_k = z'_{k0} + \zeta'_k + \mathrm{V}t,$$

où ζ_k et ζ'_k indiquent les petits déplacements par rapport aux axes mobiles qui se meuvent avec la vitesse V, et où z_{k_0} et z'_{k_0} signifient les positions à l'instant $t = 0$.

Comme l'a signalé M. Durand ([2]), nous admettons ici

$$\zeta_{k+np} = \zeta_k, \qquad \zeta'_{k+np} = \zeta'_k;$$

n étant un entier positif arbitrairement choisi et $p = 1, 2, 3, \ldots, -1, -2, -3, \ldots$. Ainsi le système d'équations différentielles à une infinité d'inconnues se réduit à $4n$ équations, à $4n$ variables $\zeta_1, \zeta_2, \ldots, \zeta_n$; $\zeta'_1, \zeta'_2, \ldots, \zeta'_n$; $\bar{\zeta}_1, \bar{\zeta}_2, \ldots, \bar{\zeta}_n$; $\bar{\zeta}'_1, \bar{\zeta}'_2, \ldots, \bar{\zeta}'_n$. On peut les écrire comme des équations matricielles suivantes

$$(\mathrm{E}) \quad \left\{ \begin{array}{l} \dfrac{2\pi i}{\mathrm{I}} \dfrac{d}{dt}\begin{pmatrix} \bar{\zeta}_k \\ \bar{\zeta}'_k \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\mathrm{Q}_{k-j} & \mathrm{R}_{k-j} \\ -\mathrm{R}_{j-k} & \mathrm{Q}_{j-k} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \zeta_j \\ \bar{\zeta}'_j \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -\mathrm{T}_{k-j} & \mathrm{S}_{k-j} \\ -\mathrm{S}_{j-k} & \mathrm{T}_{j-k} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \zeta_j \\ \zeta'_j \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \psi_k \\ \chi_k \end{pmatrix} \\ \qquad (k = 1, 2, 3, \ldots, n; -1, -2, -3, \ldots, -n), \end{array} \right.$$

et leurs conjuguées complexes. Dans les équations ci-dessus la sommation des termes contenant j de 1 à n est sous-entendue. ψ_k et χ_k sont des fonctions de $\zeta_j, \zeta'_j, \bar{\zeta}_j, \bar{\zeta}'_j, j = 1, 2, \ldots, n$ au moins de degré deux. Les coefficients Q, R, S, T sont des fonctions des trois paramètres h, ω_1, ω_3, et qui satisfont aux relations

$$\mathrm{Q}_{k+np} = \mathrm{Q}_k, \qquad \mathrm{R}_{k+np} = \mathrm{R}_k, \qquad \mathrm{S}_{k+np} = \mathrm{S}_k, \qquad \mathrm{T}_{k+np} = \mathrm{T}_k,$$

([1]) Séance du 18 septembre 1939.

([2]) *Pub. sc. et tech. du Ministère de l'air*, n° 35, Paris.

où p peut prendre toutes les valeurs entières positives et négatives. En posant

$$\sum_{1}^{n} \zeta_k = \Theta, \qquad \sum_{1}^{n} \bar{\zeta}_k = \bar{\Theta}, \qquad \sum_{1}^{n} \zeta'_k = \Phi, \qquad \sum_{1}^{n} \bar{\zeta}'_k = \bar{\Phi}$$

et en ajoutant les équations (E), on obtient les équations

$$(\mathrm{A}) \qquad \frac{2\pi i}{\mathrm{T}} \frac{d}{dt}\begin{pmatrix}\bar{\Theta}\\ \bar{\Phi}\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}-\alpha & \beta\\ -\beta & \alpha\end{pmatrix}\begin{pmatrix}\bar{\Theta}\\ \bar{\Phi}\end{pmatrix} + \begin{pmatrix}-[\alpha+\gamma-\beta] & \gamma\\ -\gamma & [\alpha+\gamma-\beta]\end{pmatrix}\begin{pmatrix}\Theta\\ \Phi\end{pmatrix} + \begin{pmatrix}\psi\\ \chi\end{pmatrix}$$

et leurs conjuguées, pour le système symétrique; et

$$(\mathrm{B}) \qquad \frac{2\pi i}{\mathrm{T}} \frac{d}{dt}\begin{pmatrix}\bar{\Theta}\\ \Phi\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}-\alpha' & \beta'\\ -\beta' & \alpha'\end{pmatrix}\begin{pmatrix}\bar{\Theta}\\ \bar{\Phi}\end{pmatrix} + \begin{pmatrix}-[\alpha'+\gamma'-\beta'] & \gamma'\\ -\gamma' & [\alpha'+\gamma'-\beta']\end{pmatrix}\begin{pmatrix}\Theta\\ \Phi\end{pmatrix} + \begin{pmatrix}\psi'\\ \chi'\end{pmatrix}$$

et leurs conjuguées, pour le système asymétrique. Les coefficients α, β, γ, α', β', γ' sont des fonctions de h, ω_1, ω_3, seulement, tandis que ψ, ψ', χ, χ' sont des fonctions de ζ_j, ζ'_j, $\bar{\zeta}_j$, $\bar{\zeta}'_j$, $j = 1, 2, \ldots, n$ au moins de l'ordre deux. En supprimant les fonctions ψ, χ et ψ', χ' on trouve quatre équations réduites (A′) et $(\bar{\mathrm{A}}')$ pour le premier système, et (B′), $(\bar{\mathrm{B}}')$ pour le second système. Les équations (A′) et $(\bar{\mathrm{A}}')$ donnent les solutions

$$\Theta = \mathrm{F}\, e^{\sigma t} + \mathrm{G}\, e^{-\sigma t} + \mu_1 t + \mathrm{H},$$
$$\Phi = \mathrm{F}_1 e^{\sigma t} + \mathrm{G}_1 e^{-\sigma t} + \mu_1 t + \mathrm{H}_1,$$

qui montrent l'instabilité du système symétrique (σ étant réel).

Les solutions des équations (B′), $(\bar{\mathrm{B}}')$ sont

$$\Theta = \lambda + \mu t + (\mathrm{L} - \mathrm{Q}) \cos\sigma t + (\mathrm{M} + \mathrm{P}) \sin\sigma t,$$
$$\Phi = \lambda_1 + \mu t + (\mathrm{L} + \mathrm{Q}) \cos\sigma t + (\mathrm{M} - \mathrm{P}) \sin\sigma t,$$

qui montrent aussi l'instabilité du système asymétrique ($\mu =$ imaginaire pure).

Malgré l'instabilité du système on peut voir une stabilité relative entre Θ et Φ. Leur différence est toujours finie et périodique. Nous avons ici une stabilité telle que M. Godefroy en a trouvé une dans un cas particulier [3]. Mais on ne peut pas dire que la différence de ζ_k et ζ'_k soit toujours stable. Pour étudier la stabilité de la différence de ζ_k et ζ'_k, multiplions chaque équation (E) par r_γ^k où $r_\gamma = \cos 2(\gamma\pi/n) + i \sin 2(\gamma\pi/n)$. Par le même

(3) Voir *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 18.

procédé indiqué ci-dessus, nous obtenons les équations

$$\frac{2\pi i}{1}\frac{d}{dt}\Theta_\gamma^* = -A_\gamma\Theta_\gamma^* + B_\gamma\Phi_\gamma^* + C_\gamma\Phi_\gamma - D_\gamma\Theta_\gamma + E_\gamma,$$

et trois autres équations du même type. Les variables Θ_γ, Φ_γ, Θ_γ^*, Φ_γ^* sont définies par les relations $\sum_{k=1}^{n} r_\gamma^k\zeta_k = \Theta_\gamma$, $\sum_{k=1}^{n} r_\gamma^k\zeta'_k = \Phi_\gamma$, $\sum_{1}^{n} r_\gamma^k\bar{\zeta}_k = \Theta_\gamma^*$, $\sum_{1}^{n} r_\gamma^k\bar{\zeta}'_k = \Phi_\gamma^*$.

En posant Θ_γ, Θ_γ^*, Φ_γ, Φ_γ^* proportionnels à $e^{\sigma t}$ nous trouvons que σ doit satisfaire la relation $\Delta(\sigma) = 0$, où $\Delta(\sigma)$ représente un déterminant de quatrième ordre. Et nous trouvons deux inégalités

$$(\alpha_1 - \lambda_1)^2 - (\beta_1 - \delta_1)^2 > 0 \quad \text{et} \quad (\alpha_1 + \lambda_1)^2 - (\beta_1 + \delta_1)^2 > 0,$$

qui doivent être satisfaites pour la réalité de σ.

Si ces conditions sont satisfaites nous obtiendrons des solutions périodiques de Θ_γ et Φ_γ. On peut obtenir ensuite les expressions des $\zeta_k = \sum_{\gamma=1}^{n} r_\gamma^{n-k}\Theta_\gamma$. Le développement de ces calculs paraîtra dans un autre Recueil.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur la répartition des périhélies et des nœuds des petites planètes et sur les causes des variations dans le nombre mensuel de leurs découvertes.* Note (1) de M. **Benjamin de Jekhowsky**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Newcomb (2), le premier, a expliqué la distribution particulière des périhélies ϖ et des nœuds Ω par l'effet des perturbations séculaires de Jupiter. A. v. Brunn (3) a suggéré d'attribuer aussi cette distribution à des influences, dites *climatiques*, qui, d'après divers auteurs, s'exercent aussi sur le nombre mensuel des découvertes d'astéroïdes.

En me basant sur l'étude des 1417 astéroïdes, réunis en groupes de 200

(1) Séance du 31 juillet 1939.

(2) *Astr. Nachr.*, 58, 1862, p. 209; voir aussi J. Mascart, *Ann. Obs. Paris*, 1897, 1899, 1904, 1907; J. Bauschinger, *Astr. Nachr.*, 1901; S. Buorton, *The Interrelations of the asteroïds elements* (*Astr. J.*, 702, 1916); G. Stracke, *Die kleinen Planeten*, Berlin, Julius Springer; *Ergebnisse des Exacten Naturwissenschaften, Sonderabdruck* aus B. 4, 1925.

(3) *Astr. Nachr.*, 172, p. 273.

chacun et en considérant l'influence de Jupiter et de Saturne, j'ai obtenu, comme pourcentage dans chaque quadrant, des valeurs meilleures que celles données par M. P. Stroobant ([4]).

	Périhélies ϖ.				Nœuds Ω.			
Quadrant	I.	II.	III.	IV.	I.	II.	III.	IV.
Pourcentage	0,36	0,17	0,16	0,31	0,27	0,27	0,23	0,23
Prévision théorique	510	241	227	439	383	383	326	326
Nombre réel	510	243	226	438	386	376	320	335
O — C	0	+2	—1	—1	+3	—7	—6	+9

Avec les mêmes groupes d'astéroïdes réunis en classes suivant les valeurs des ϖ et des Ω variant de 30 en 30°, j'ai formé deux Tableaux, dont la représentation graphique (familles de courbes homothétiques) montre que, dans chaque groupe, l'allure de la courbe des variations, soit du nombre des ϖ, soit de celui des Ω, reste la même en accusant pour les premiers, outre un maximum et un minimum principaux dans la direction du périhélie de Jupiter, un maximum et un minimum secondaires dans la direction de celui de Saturne. Quant aux Ω, on constate deux maxima à 50 et 135° environ, puis un minimum principal dans la région des nœuds ascendants d'astéroïdes sensiblement égaux aux nœuds descendants de Jupiter et de Saturne, soit $\Theta_j = 279°,9$, $\Theta_s = 292°,8$ (moyenne 286°,3), et un minimum relatif à 105°, de sorte que l'on conclut qu'il y a *toujours une accumulation des nœuds dans les deux premiers quadrants et que les régions les plus pauvres en nœuds ascendants d'astéroïdes correspondent aux positions des nœuds de Jupiter et de Saturne.*

La fonction

$$y_{\varpi} = 118,1 - 52,1 \sin(\varpi - 104°,5) \tag{1}$$

représente la distribution des ϖ. Elle montre que le maximum de y_{ϖ} a lieu pour $\varpi = 14°,5$. Or pour Jupiter, on a $\varpi_j = 13°,5$ (1950).

Notons que, par homothétie de rapport $K = 3$ (1417/809), on déduit une expression analogue à (1) en partant de la formule de M. Plummer ([5]) et que cette dernière, par homothétie de rapport $K = 3$ et après une transformation du sinus, donne exactement la formule indiquée par M. Stroobant ([4]).

([4]) *Constitution de l'anneau des petites planètes* (*Ann. Obs. R. Belgique*, 9, fasc. III, 1907; *ibid.*, 2e partie, 14).

([5]) *M. N.*, 76, 1916, p. 378.

M. Stroobant a remarqué que la variation des ☊ ne montre pas de loi bien régulière de répartition. M. Plummer a indiqué une formule qui représente la variation des ☊ pour 809 astéroïdes dans la région de 180° à 360° seulement.

Voici celle que j'ai obtenue :

$$(2) \qquad 0{,}03125\, y_{\Omega} = 4{,}0 + \sin(\Omega - 15^{\circ}) \sin^2\left(52^{\circ}{,}5 - \frac{1}{2}\Omega\right).$$

Elle représente assez bien la variation, en montrant que y_{Ω} est minimum pour ☊ = 285°, ☊ = 105°, et qu'il y a deux maxima de 45° et 165°.

Contrairement à ce qui a été suggéré par divers astronomes [6], les deux problèmes, celui de la répartition des ϖ et celui de la variation du nombre des découvertes d'astéroïdes suivant chaque mois de l'année, sont d'après nous deux problèmes différents, mais dus à la même cause et principalement à l'influence de Jupiter et de Saturne.

Le dénombrement d'astéroïdes considérés comme nouveaux au moment de leur découverte (Classes A et B de Michkowitch) [7] et l'examen de la variation suivant différentes années, puis suivant différents mois de l'année et enfin suivant les mêmes mois des années différentes, font apparaître que leur nombre varie non seulement d'un mois à l'autre, mais aussi d'une année à l'autre. On constate, en mettant en regard les positions de Jupiter et de Saturne, qu'il y a des années où l'une des époques au voisinage des équinoxes est plus riche en découvertes que l'autre, et, comme la répartition du nombre des oppositions au voisinage du passage au périhélie est presque uniforme et s'il y a une légère augmentation du nombre des découvertes au mois de septembre, elle doit être attribuée à la longueur de la nuit; il faut conclure que *le nombre des découvertes d'astéroïdes est plus grand au voisinage des équinoxes, étant donné qu'à ces époques les observations portent sur des régions du ciel où existe une accumulation d'astéroïdes, notamment à proximité de l'une de deux planètes principales. Le nombre des découvertes est toujours plus grand au cours des années où l'influence de l'un des deux astres vient s'ajouter à celle de l'autre.*

---

(6) G. FAYET, *Les petites planètes* (*Annuaire du Bureau des Longitudes*, 1932, p. B. 97); J.-F. COX, *Recherches sur les petites planètes*, Bruxelles, 1932.

(7) *Publications de l'Obs. Astr. de l'Université de Belgrade*, Mémoires, 1, 1932, p. 25 et suiv.

ACOUSTIQUE. — *Sur la stabilité du son émis par un tuyau à anche battante soumis à une pression constante.* Note [1] de M. **Léon Auger**, présentée par M. Henri Villat.

Une anche de 38^{mm} de long est adaptée à un tuyau cylindrique en laiton long de $0^{m},43$. La fréquence propre N_0 du tuyau considéré comme bourdon est d'environ 198.

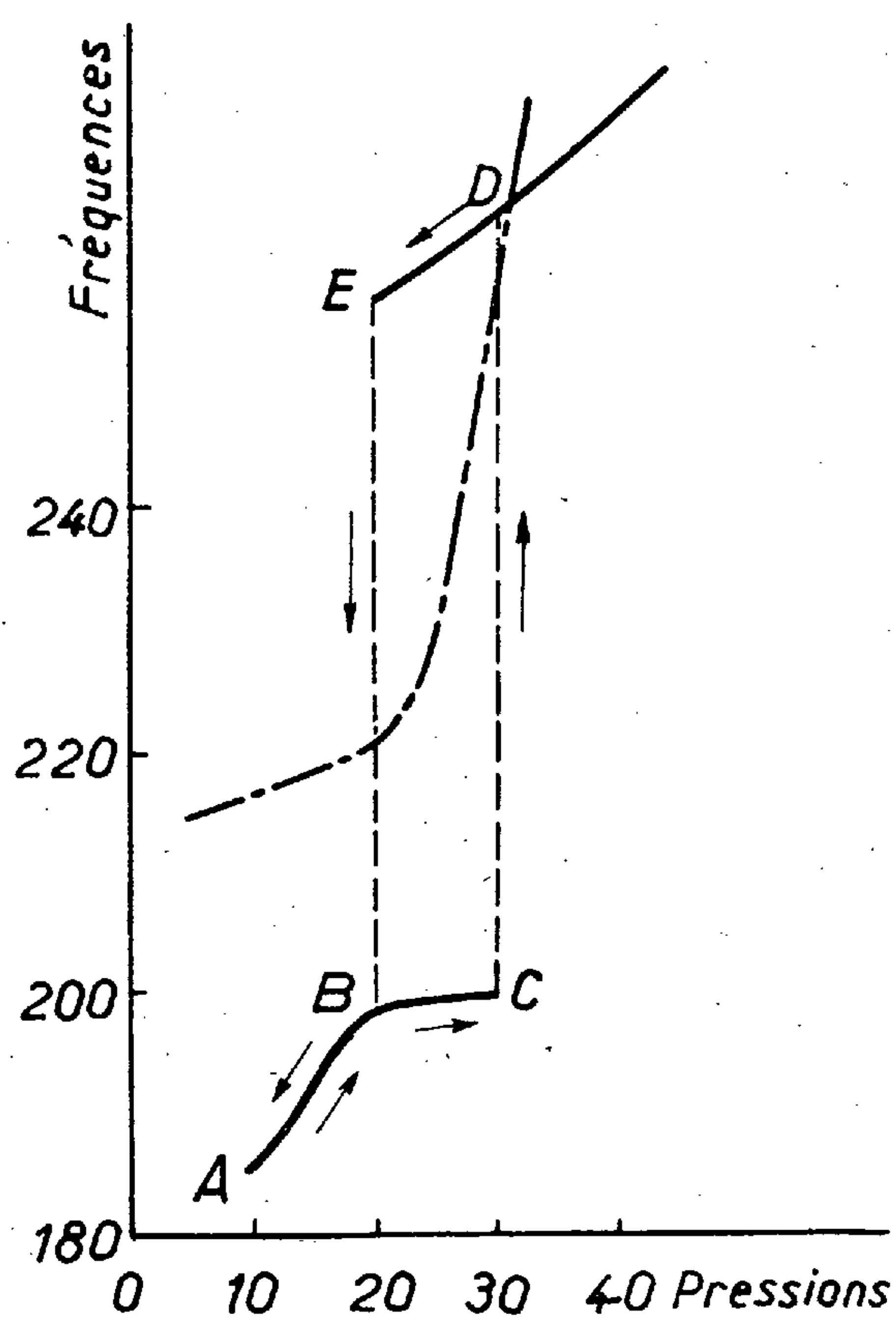


Fig. 1.

——— Fréquences du système.
------- Sauts.
—·—·— Fréquence de l'anche seule soumise au vent.

Quand la pression augmente à partir de zéro, le point figuratif (*fig.* 1) de la fréquence du système suit l'arc ABC. Le son prend un timbre

---

(1) Séance du 18 septembre 1939.

agréable de bourdon, à partir seulement de B, correspondant exactement à la fréquence N_0. L'amplitude de la languette est alors brusquement très diminuée. La pression passant de 19 à 30^{cm} d'eau, la courbe des fréquences présente un palier BC, à très faible pente montante; l'extrémité de la languette garde la même amplitude de vibration.

Pour une pression de 30^{cm} d'eau, le point figuratif saute de C en D sur la courbe de l'anche vibrant dans le vent. L'amplitude de l'anche est à peu

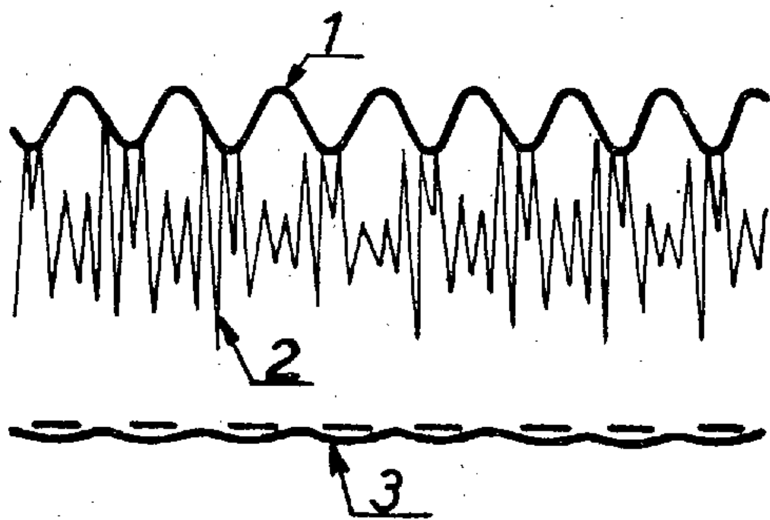


Fig. 2.
1, courbe du temps (période 1/200° de seconde); 2, courbe du son (timbre de bourdon); 3, trajectoire de l'extrémité de la languette.

près doublée. Le timbre devient aigre : le son de l'anche est prédominant. On peut retirer le tuyau sans modifier sensiblement le timbre du son. Le tuyau a cessé d'appartenir au domaine acoustique de l'anche.

Si, alors, on diminue la pression, la fréquence décroît régulièrement suivant la courbe DE, le timbre restant celui d'un son d'anche. Pour la pression de 19^{cm}, le point figuratif tombe brusquement en B à l'origine du palier BC : le son redevient agréable. La fréquence décroît ensuite suivant l'arc BA, lorsque la pression diminue, et pour une pression de 8^{cm} le tuyau cesse de parler.

ÉLECTRICITÉ. — *Rôle des électrons dans le fonctionnement des piles. La pile Daniell.* Note de M. **Vasilesco Karpen**, présentée par M. Aimé Cotton.

La théorie de la force électromotrice au contact métal-électrolyte exposée dans une Note précédente et se résumant dans la formule

$$(3)\qquad V = \theta - \frac{RT}{n}\log\frac{\mathfrak{M} - x}{\mathfrak{M}' + x} = -\tau + RT\log\frac{\mathcal{E} - nx}{\mathcal{E}' + nx}$$

trouve une première application dans la pile Daniell. Précisons, quantitativement, autant que possible, les grandeurs figurant dans cette formule.

Les travaux θ et τ sont, sans doute, dus à la différence des constantes diélectriques du métal et de la solution. Mais, vu la constitution et les dimensions des corpuscules, ceux-ci suivent d'autres lois que celles applicables à des conducteurs chargés de dimensions finies. Il y a des raisons d'admettre que $\theta+\tau$ est du même ordre de grandeur que la chaleur de vaporisation d'un équivalent de métal. Cette chaleur est de 1,53 joule pour le cuivre et de 0,62 joule pour le zinc; la différence 0,91 joule concorde assez bien avec la force électromotrice de la pile Daniell. Nous prendrons donc, provisoirement, pour le cuivre $\theta_c+\tau_c=1,6$ joule (ou volt) par équivalent, et pour le zinc $\theta_z+\tau_z=0,5$ volt.

Nous supposerons que l'énergie de l'électron est la même dans tous les métaux, et la même dans tous les électrolytes $\tau_c=\tau_z$; $\theta_c-\theta_z=1,1$ volt, correspondant à la chaleur de réaction chimique de la pile.

Ce sont les travaux θ_a et τ_a relatifs à l'air, qui empêchent cations et électrons de sortir d'un métal, à la température ordinaire; et c'est la différence $\theta_a-\tau_a$ qui fait que, à température élevée, ce sont les électrons qui sortent les premiers. Si l'air est remplacé par l'eau, de constante diélectrique bien plus élevée, θ et τ étant plus petits que θ_a et τ_a, la sortie des corpuscules du métal est rendue possible, même à la température ordinaire.

La concentration $\mathcal{E}$ des électrons, compte tenu de la valence, doit être presque la même dans tous les métaux, car l'effet Peltier RT $\log \mathcal{E}/\mathcal{E}'$ est toujours très petit. Nous admettrons que la concentration $\mathfrak{M}$ des cations est aussi la même dans tous les métaux. L'effet Peltier RT $\log \mathfrak{M}/\mathfrak{M}'$ entre métal et électrolyte de concentration normale $\mathfrak{M}'_n$ est presque le même pour le zinc et pour le cuivre, soit $-0,25$ volt. Si nous supposons la dissociation des sulfates presque totale, $\mathfrak{M}'_n=e^{54}$ cations par litre, donc pour les deux métaux environ $\mathfrak{M}=e^{44}$, $\mathcal{E}=2e^{44}$. Quant à $\mathcal{E}'$, concentration des électrons dans l'électrolyte, nous la considérons, comme déjà dit, fort petite par rapport à $\mathfrak{M}$ ou $\mathcal{E}$.

Avec ces données on trouve que x, de la formule (3), est toujours négligeable, par rapport à $\mathfrak{M}$ et à $\mathcal{E}$, et par rapport à $\mathfrak{M}'$, pour les concentrations habituelles. La formule (3) devient donc, *dans tous les cas*,

$$V=\theta-\frac{RT}{n}\log\frac{\mathfrak{M}}{\mathfrak{M}'+x}=-\tau+RT\log\frac{\mathcal{E}}{\mathcal{E}'+nx}. \tag{4}$$

Dans le cas de la pile Daniell, la première partie de cette formule, relative aux cations, donne respectivement, pour le cuivre et pour le zinc,

$$V_c=\theta_c-\frac{RT}{2}\log\frac{\mathfrak{M}_c}{\mathfrak{M}'_c};\qquad V_z=\theta_z-\frac{RT}{2}\log\frac{\mathfrak{M}_z}{\mathfrak{M}'_z}. \tag{5}$$

La force électromotrice de la pile pour $\mathfrak{M}'_c=\mathfrak{M}'_z$, sera, en laissant de

côté les différences de potentiel au contact des solutions et à la soudure zinc-cuivre,

$$\text{(6)} \qquad E = \theta_c - \theta_z - \frac{RT}{2} \log \frac{\mathcal{M}_c}{\mathcal{M}_z};$$

c'est-à-dire environ 1,1 volt, car l'expérience montre que le dernier terme, relatif à la variation de E avec la température, est négligeable; donc $\mathcal{M}_c \approx \mathcal{M}_z$, comme nous l'avons admis.

Il est à remarquer que, contrairement aux idées actuellement reçues, les deux électrodes sont positives par rapport à l'électrolyte.

Si l'on utilise la seconde partie de la formule (4), relative aux électrons, on trouve

$$\text{(7)} \qquad V_c = -\tau_c + RT \log \frac{\mathcal{E}_c}{\mathcal{E}' + 2x_c}; \qquad V_z = -\tau_z + RT \log \frac{\mathcal{E}_z}{\mathcal{E}'_z + 2x_z}.$$

Il se produit de plus, à la soudure zinc-cuivre, une différence de potentiel, que nous avons précédemment négligée,

$$\text{(8)} \qquad V_s = \tau_c - \tau_z - RT \log \frac{\mathcal{E}_c}{\mathcal{E}_z}.$$

La force électromotrice de la pile est $V_c - V_z + V_s$;

$$\text{(9)} \qquad E = RT \log \frac{\mathcal{E}'_z + 2x_z}{\mathcal{E}'_c + 2x_c},$$

x_c et x_z étant donnés par (4) et pouvant être positifs ou négatifs.

Cette formule, analogue à celle des piles de concentration, est valable pour toutes les piles et non seulement pour les piles genre Daniell. Pour celles-ci elle est naturellement équivalente à (6).

On voit que, si x était nul, la force électromotrice de la pile se réduirait à RT $\log(\mathcal{E}'_z/\mathcal{E}'_c)$; elle serait indépendante des métaux dont sont faites les électrodes, fait contredit par l'expérience.

L'impossibilité de l'équilibre statistique entre les corpuscules d'un métal et d'un électrolyte en contact et l'établissement d'un régime permanent, signalés dans une Communication précédente, sont donc démontrés.

ÉLECTRONIQUE. — *Distribution énergétique des électrons secondaires à basse température.* Note (¹) de M. **Alexandre Bojinesco**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'émission électronique secondaire des métaux a été étudiée à la température ordinaire et plus souvent à température élevée en négligeant l'étude à basses températures, quoique celle-ci présente un certain intérêt théorique au point de vue de l'origine des électrons secondaires.

Dans le cas de l'aluminium nous avons déterminé la distribution énergétique des électrons secondaires à la température ordinaire et à la température de l'oxygène liquide. La méthode utilisée a été celle du champ antagoniste : une cible constituée par une plaque d'aluminium pur, sur laquelle a été déposée par évaporation une autre couche d'aluminium, est bombardée par des électrons primaires de 300 eV d'énergie. Les électrons émis par la cible sont captés par une sphère collectrice à l'intérieur de laquelle se trouve la cible. Lorsque le potentiel de la sphère est plus petit que celui de l'aluminium on ne recueille sur le collecteur que des électrons qui sont émis avec une énergie cinétique égale ou supérieure à la valeur de la tension inverse appliquée. Si l'on porte en abscisse le potentiel de la sphère et en ordonnée le courant recueilli par celle-ci, on obtient les courbes ci-contre représentant la répartition énergétique cherchée.

L'examen de la figure montre tout d'abord que l'émission est constituée par trois groupes d'électrons :

a. Un groupe d'électrons rapides, peu nombreux, considérés comme des électrons primaires réfléchis élastiquement.

b. Un groupe d'électrons d'énergie comprise entre 280 eV et 45 eV : on admet qu'il est constitué par les électrons primaires diffusés par les atomes métalliques avec perte de vitesse.

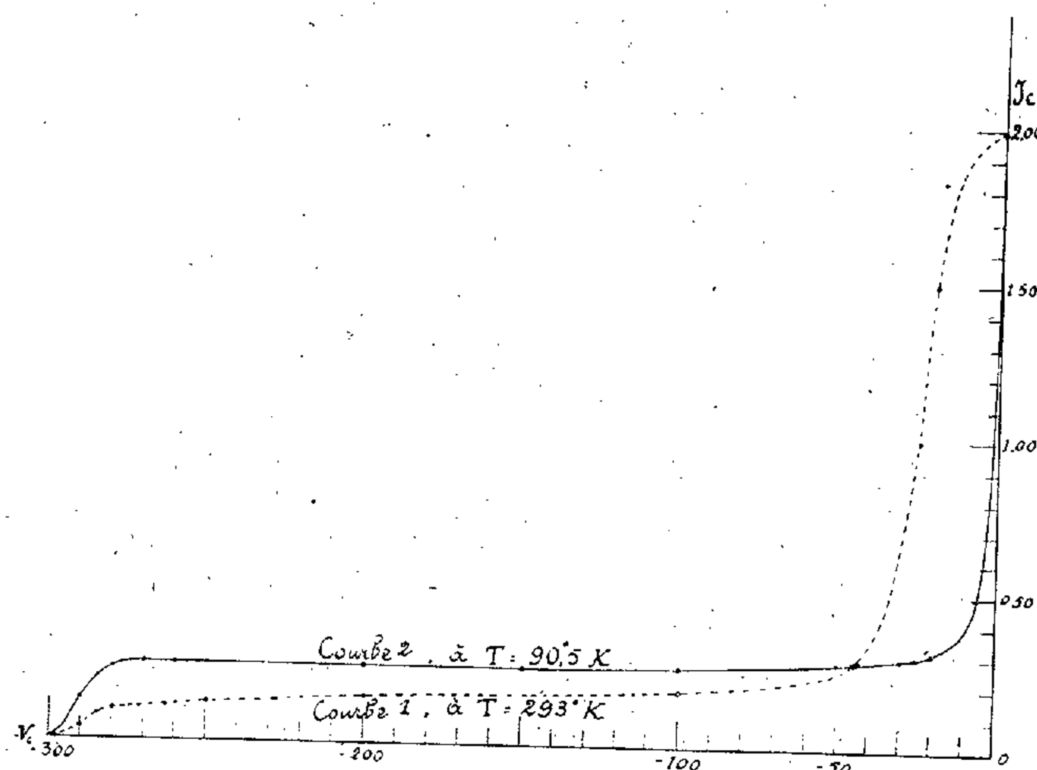
c. Un groupe très nombreux d'électrons lents, d'énergie comprise entre 45 eV et zéro, pour lesquels il faut admettre un nouveau processus de formation. Ce sont seulement les électrons de ce dernier groupe qui peuvent être considérés comme de *vrais* électrons secondaires.

La position relative des courbes obtenues indique nettement l'influence de la température. En effet, de zéro jusqu'à —45 V, la partie de la courbe

---

(¹) Séance du 18 septembre 1939.

pleine se trouve au-dessous de la courbe pointillée. Le nombre des électrons secondaires correspondant à cette région étant beaucoup plus petit à basse température qu'à la température ordinaire, nous pouvons admettre que ceux dont on constate l'absence avaient comme origine l'effet thermique.



Les électrons de faible vitesse que l'on trouve encore à basse température doivent avoir comme origine les atomes mêmes du métal, et leur vitesse est déterminée par la pénétration plus ou moins grande de l'électron primaire dans le métal. Plus la profondeur à laquelle les électrons secondaires sont libérés est grande, plus leur vitesse diminue avant d'atteindre la surface.

En ce qui concerne la région comprise entre —45 V et 300 V, le fait que la courbe pointillée se trouve au-dessous de la courbe tracée en trait plein peut s'expliquer en admettant que la structure cristalline du métal a subi une légère modification à basse température, d'où la plus grande diffusion des électrons primaires dans cette région.

Cette hypothèse pourrait être confirmée par une étude de la diffraction électronique à basses températures, étude que nous avons commencée.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action du gaz ammoniac sur le chlorure de magnésium anhydre ou hydraté.* Note de M. **Léon-Joseph Olmer** et Mlle **Marie-Louise Quinet**, présentée par M. Paul Lebeau.

Le gaz ammoniac bien sec passant à la température ordinaire sur du chlorure de magnésium anhydre, préparé par la méthode signalée par l'un

de nous [1], donne très facilement le complexe $Cl^2[Mg(NH^3)^6]$ avec dégagement de chaleur et augmentation très importante de volume. W. Biltz et G. F. Hüttig [2] avaient déjà obtenu par cette méthode le composé Cl^2Mg, 5,87 NH^3, et avaient prétendu que le composé à 6 NH^3 ne pouvait pas exister. L'affirmation de ces auteurs provenait peut-être du fait que leur chlorure contenait de la magnésie.

Il nous a semblé plus commode d'opérer en solution dans les alcools.

Dans le méthanol bien sec, quelle que soit la concentration en chlorure de magnésium anhydre, depuis 6 % jusqu'à 13 % (saturation) et aux températures comprises entre 15° et 60°, on obtient le même complexe $Cl^2[Mg(NH^3)^6]$, à condition de filtrer sur verre fritté le produit insoluble et de laver plusieurs fois au benzène en présence d'un courant d'ammoniac dans un filtre à contre-courant.

Avec l'éthanol anhydre, suivant la même technique, nous avons obtenu, à 15° et à 60°, le même produit; bien que la solubilité du chlorure dans l'éthanol soit moindre que dans le méthanol (6 %), ce solvant nous semble préférable, car il ne forme pas de combinaison de l'éthanol avec l'ammoniac [3].

Avec le propanol normal, on obtient le même complexe, mais la solubilité très faible du chlorure (2 %) nous fait préférer l'éthanol.

Le complexe est un solide blanc, cristallisé en octaèdres du système cubique. Il est insoluble dans le benzène, l'essence et l'éther, stable en tube scellé, se décomposant lentement dans l'atmosphère sèche. Il n'est pas hygroscopique. Dans la vapeur d'eau, à la température ordinaire, il y a déplacement lent des molécules d'ammoniac par les molécules d'eau, et quand il s'est formé $Cl^2[Mg, (H^2O)^6]$, le corps redevient très hygroscopique.

Dans le vide à 15°, le produit ultime est $Cl^2[Mg, 4NH^3]$, signalé par Clarck en 1851 et par Isambert en 1868, et dont l'existence a été niée par Biltz et Hüttig en 1921 [2].

Dans le vide à 111° (ébullition du toluène), le terme stable est $Cl^2Mg, 2NH^3$.

A 800°, à l'abri de l'air, on obtient Cl^2Mg *très pur, sans trace de nitrure*. Cette réaction donne une préparation du chlorure de magnésium anhydre,

---

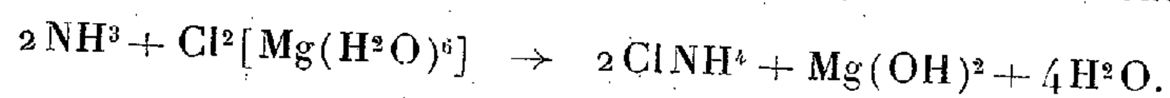
(1) Mlle M.-L. Quinet, *Thèse de Doctorat*, Paris, 1937.

(2) *Z. anorg. Chem.*, **119**, 1921, p. 115.

(3) Baume, *J. Chim. Phys.*, **12**, 1914, p. 233.

à partir du chlorure hexahydraté, plus commode que celle indiquée par l'un de nous et fournissant un produit plus pur. On sèche à 100° l'hexahydrate, puis on calcine sans précaution le tétrahydrate formé. Le chlorure anhydre obtenu peut contenir 25 % de MgO; on le dissout dans l'alcool, on filtre la magnésie calcinée et très dense; on fait passer l'ammoniac et l'on calcine le complexe, bien lavé au benzène.

Le gaz ammoniac passant sur le chlorure hexahydraté sec produit également un dégagement de chaleur. A 15° et à 111°, nous avons toujours isolé du chlorure d'ammonium et de la magnésie, suivant la réaction



$$2NH^3 + Cl^2[Mg(H^2O)^6] \rightarrow 2ClNH^4 + Mg(OH)^2 + 4H^2O.$$

L'action de l'ammoniac sur le chlorure hexahydraté dissous dans un alcool dépend de la température et de la concentration.

A 70°, quel que soit l'alcool, et quelle que soit la concentration, on n'obtient que de la magnésie et du chlorure d'ammonium, suivant la même réaction.

A + 20°, si les concentrations sont *inférieures* à 6 % de chlorure hexahydraté dans 100^g de solution, l'eau déplacée se dissout dans l'alcool et l'alcool très faiblement hydraté agit très peu. On sépare, après lavage au benzène, des octaèdres cubiques analogues aux précédents, de grande densité, mais de formule $Cl^2[Mg(NH^3)^5H^2O]$, déjà signalés par Spacu et Ripan (¹).

La calcination de ce complexe dans le vide fournit le composé Cl^2Mg, MgO, bien connu. La meilleure méthode pour préparer le complexe aquopentamine consiste à saturer l'éthanol d'ammoniac et à y ajouter goutte à goutte, la solution concentrée de $Cl^2[Mg, (H^2O)^6]$ dans l'alcool en continuant à faire passer le courant d'ammoniac.

On obtient le même composé à — 20°.

A + 20° et à — 20°, si la concentration est *supérieure* à 6 % (nous avons opéré jusqu'à 40 %), c'est le complexe $Cl^2[Mg, (NH^3)^3(H^2O)^3]$, analogue au composé SO^4Mg, $3NH^3$, $3H^2O$, signalé par Spacu, qui prend naissance.

En résumé, le chlorure anhydre dissous dans un alcool quelconque donne toujours avec l'ammoniac le même composé $Cl^2[Mg(NH^3)^6]$.

Le chlorure hexahydraté fournit, suivant les concentrations dans les

(¹) *Bull. Soc. Chim.*, 34, 1923, p. 28.

alcools, à une température supérieure à + 20°, des complexes contenant des proportions différentes d'eau et d'ammoniac, où l'indice de coordination est toujours 6, et à 70°, de la magnésie et du chlorure d'ammonium.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Union labile de l'oxygène au carbone : étude spéciale de la dissociation spontanée du photooxydiphényldiméthoxyanthracène.* Note de MM. **Charles Dufraisse**, **Léon Velluz** et Mme **Léon Velluz**, présentée par M. Marcel Delépine.

Ayant rencontré pour la première fois (1) un photooxyde spontanément dissociable à froid, celui du diphényl-9-10-diméthoxy-1-4-anthracène, nous avons fait une étude à part du phénomène.

a. La vitesse de dissociation a été mesurée par les accroissements de la pression. Comme il fallait s'y attendre, son allure est celle d'une réaction monomoléculaire, chaque molécule *explosant*, en quelque sorte, quand son tour est venu. Cependant cette régularité ne se maintient que pendant une semaine, après quoi le coefficient de vitesse, qui restait constant, se met à décroître de façon continue. Ce changement survient quand la fraction dissociée arrive au tiers environ de la valeur théorique. Nous l'attribuons à un effet de dilution, dû à la solution solide du photooxyde intact dans le produit de la dissociation.

b. Cette dissociabilité à basse température offrait l'occasion d'expériences en projet depuis longtemps sur les tensions d'équilibre des photooxydes en général, expériences ajournées jusqu'ici à cause des difficultés expérimentales relatives aux températures trop élevées des autres dissociations [cf. (2)].

Nous avons cherché quelle pouvait être la pression extérieure d'oxygène capable de s'opposer à la dissociation spontanée à froid. Une première expérience sous 10^{atm} n'a laissé voir aucun ralentissement de l'émission d'oxygène, par rapport à un échantillon de photooxyde conservé dans l'air. Il en a été sensiblement de même, aux erreurs d'expérience près, avec 140^{atm}.

D'après ces données, pour espérer des résultats nets, il aurait fallu monter à des pressions beaucoup plus hautes, de l'ordre de 1000^{atm}; nous en

(1) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1822.

(2) Ch. Dufraisse, *Cinquième Conseil de Chimie Solvay. Rapports et Discussions*, p. 244, Paris, 1935.

avons été empêchés par les difficultés de techniques auxquelles se heurtent les fortes compressions de l'oxygène.

Il nous apparaît d'ailleurs comme peu vraisemblable qu'un oxyde organique ait, à la température ordinaire, une tension de dissociation aussi élevée. En conséquence, nous croyons pouvoir conclure de nos essais que, contrairement à ce qui avait été admis pour d'autres photooxydes, la dissociation du photooxydiphényldiméthoxyanthracène n'est pas réversible.

c. Dans cette hypothèse, l'oxygène du photooxyde ne pourrait pas être maintenu en place par une contre-pression quelconque du même élément.

S'il en est réellement ainsi, ce ne peut être que parce que le gaz environnant ne contient pas lui-même de molécules dans un état semblable à celui des molécules émises par le photooxyde. De là l'idée de chercher à mettre en évidence un état activé de l'oxygène au moment où il est libéré.

On a cherché à voir, tout d'abord, si cet oxygène se fixait sur le tétraphénylnaphtacène pour en former le photooxyde et produire ainsi un transfert de l'activation photochimique : aucune action appréciable ne s'est manifestée. Il en a été de même vis-à-vis de l'hydrogène gazeux.

Au contraire, des résultats positifs ont été obtenus avec la plaque photographique, où l'oxyde, mis au contact direct de la couche sensible, détermine en 48 heures une impression accentuée. Pour faire la part d'une luminescence éventuelle, on a recommencé l'épreuve sur la face verre, ce qui éliminait l'effet d'une émanation chimique : des taches ont été observées de nouveau, mais notablement plus faibles. Réciproquement, on a annihilé l'influence de la lumière dans un deuxième essai sur le côté gélatine, mais avec interposition de papier noir : ici encore des taches d'impression ont apparu. La plaque paraissait donc enregistrer à la fois une luminescence et une attaque par réactif gazeux. Nous avons alors constaté que l'émission lumineuse était directement perceptible à la vue. Dès la température ordinaire, une lueur est nettement visible à l'obscurité et elle s'accroît considérablement au voisinage de 100° : les solutions sont également luminescentes, ce qui écarte une triboluminescence.

Aucune impression photographique n'a été constatée avec les divers témoins essayés, qui ont été : diphényl-9-10-diméthoxy-1-4-anthracène non photooxydé, photooxyde de l'isomère ayant les méthoxyles en 2 et 6 au lieu de 1 et 4, photooxydes de mésodiphénylanthracène et de mésotétraphénylnaphtacène, ces trois photooxydes n'étant pas dissociables à froid.

d. Ces diverses expériences permettent de conclure que l'oxygène est émis par le photooxyde dans un état activé. Par contre, elles ne renseignent pas clairement sur la nature de cet état.

D'une part, l'impression de la plaque photographique protégée par du papier noir démontre l'existence d'une activité à longue vie, persistant pendant la durée de la diffusion du gaz actif au travers du papier. Cette activité correspond donc à celle d'un réactif relativement stable plutôt qu'à celle d'un état *excité*, au sens ordinaire, de la molécule d'oxygène. Ce réactif est peut-être de l'ozone, ou de l'eau oxygénée, formée aux dépens de l'humidité atmosphérique.

D'autre part l'émission de la lumière pourrait être considérée comme une manifestation directe de l'état excité, le photon étant créé par l'énergie en excédent sur l'état normal.

Le même phénomène de luminescence avait été observé autrefois dans la dissociation thermique du photooxytétraphénylnaphtacène (photooxyrubrène) (³), mais avait été attribué à une réaction secondaire (⁴), peut-être l'autoxydation du substrat. Cette explication ne tient plus avec le nouveau photooxyde, où l'intensité du rayonnement s'est accrue en même temps que le rendement de la réaction principale, la dissociation : ici il faut admettre que la production de lumière est réellement liée à l'émission d'oxygène.

Il reste à rechercher comment la molécule du photooxyde peut ainsi mobiliser un quantum, lequel, d'après la teinte de la lueur émise, ne doit pas être inférieur à 40^{cal}.

MINÉRALOGIE. — *Données nouvelles sur les propriétés physiques des constituants minéralogiques de la vredenburgite des Indes.* Note (¹) de M. S. **Deb**.

Le nom de vredenburgite a été donné par L.-L. Fermor (²) en 1909 à une substance magnétique entrant en quantités importantes dans la constitution de certains minerais de manganèse des Indes, exploités dans le district de Nagpur (Provinces centrales) où on les rencontre dans des formations métamorphiques, et dans celui de Vizagapatam (Madras) où ils sont associés à des roches éruptives. L'étude des caractères spécifiques de cette substance a été reprise à partir de 1928 par W. A. K. Christie, J. Orcel et

(³) Ch. Moureu, Ch. Dufraisse et C.-L. Butler, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 101.
(⁴) Ch. Dufraisse, *Bull. Soc. Chim.*, 53, 1933, p. 829.

(¹) Séance du 18 septembre 1939.
(²) *Mem. Geol. Surv. of India*, 37, 1909.

S. Pavlovitch (³), H. Schneiderhöhn et P. Ramdohr (⁴), J. A. Dunn (⁵) et M. R. A. Iyer (⁶); enfin, récemment, L.-L. Fermor (⁷) a donné un exposé critique très complet des observations faites jusqu'à présent.

Il résulte de celles-ci que la vredenburgite n'est pas une espèce minérale définie, mais une association de jacobsite et de hausmannite caractérisée par sa structure microscopique constante, la jacobsite étant le minéral prédominant. Cependant les caractères de la jacobsite de cette association sont un peu différents de ceux appartenant à la jacobsite typique de Jacobsberg. Elle présente notamment des anomalies optiques très nettes. D'autre part, la solution saturée de $SnCl^2$ attaque la hausmannite et n'attaque pas le constituant de la vredenburgite qui lui est identifiable par d'autres caractères. Il était donc intéressant de déterminer d'autres propriétés de ces minéraux. La présente Note précise certains caractères microscopiques et réunit les résultats que m'ont fournis la technique des rayons X et l'emploi des méthodes de mesures des constantes magnétiques.

Caractères microscopiques. — La proportion des deux constituants dans les échantillons de vredenburgite étudiés a été déterminée à l'aide de la platine d'intégration de Shand. L'échantillon de Nagpur renferme 84,15 % de jacobsite et 15,81 % de hausmannite. Celui de la mine de Devada (Vizagapatam) contient 65,45 % de jacobsite et 34,52 % de hausmannite. Les proportions de ces deux minéraux sont respectivement de 67,91 et 31,51 % dans les gisements de Kodur. La hausmannite se rencontre en plages isolées parfois maclées (Devada), ou en agrégats. Elle est localement transformée en psilomélane (Nagpur). Les mesures de pouvoirs réflecteurs dans le rouge exécutées à l'aide d'une cellule à couche d'arrêt (L. M. T. n° 3001 A) ont donné les résultats suivants :

Hausmannite (dans la vredenburgite de Kodur)	R'_g 0,171 R'_p 0,156
Hausmannite typique du Thuringerwald	R_g 0,151 R_p 0,136
Jacobsite de la vredenburgite de Nagpur	R 0,207
Jacobsite de Jakobsberg (Suède).......................	R 0,204

(³) *Bull. Soc. franç. Min.*, 54, 1931, p. 108-177.

(⁴) *Lehrbuch d. Erzmikroskopie*, II, Berlin, 1931, p. 602.

(⁵) *Transact. Nat. Inst. of Sc. of India*, 1, n° 7, 1936, p. 103-124.

(⁶) *Records, Mysore Geol Depart.*, 34, 1936, p. 75-84; 35, 1937, p. 73-85.

(⁷) *Proceed. Nation. Inst. of Sc. of India*, 4, n° 3, 1938, p. 253-286; J. Orcel et S. Pavlovitch, *loc. cit.*; L. L. Fermor, *loc. cit.*; *Proc. Nation. Inst. of Sc. of India*, 1938.

Diagrammes X. — Des diagrammes de poudre (méthode de Debye et Scherrer) ont été exécutés avec M. Goldsztaub en utilisant son modèle de tube à gaz à anticathode de fer (λ 1,932 Å) fonctionnant sous 50 kV, la pose étant de 3 heures. Ces diagrammes démontrent l'identité du constituant principal de la vredenburgite avec la jacobsite de Jakobsberg. Mais, étant donnée la petitesse des plages du constituant anisotrope, il a été impossible d'en prélever une quantité suffisante à l'état de pureté pour réaliser un diagramme correct.

Étude magnétique. — M. et Mme Thellier, qui ont bien voulu m'aider pour l'étude des caractères magnétiques de la vredenburgite, de la jacobsite de Suède et de la hausmannite du Thuringerwald, m'ont transmis les résultats suivants : la valeur de l'aimantation spécifique permanente de la vredenburgite correspond à sa teneur en jacobsite. En effet, cette valeur est de 800.10^{-4} U. E. M. pour la vredenburgite de Beldongri (à 84,15 % de jacobsite) et de 655.10^{-4} U.E.M. pour celle de Kodur (qui renferme 67,91 % de jacobsite). La susceptibilité spécifique ou coefficient d'aimantation est supérieure à 92300.10^{-6} U.E.M. dans le premier échantillon et à 92600.10^{-6} U.E.M. dans le second. Au contraire, la jacobsite de Suède a montré une faible aimantation spécifique permanente inférieure à 40.10^{-4} U. E. M., mais sa susceptibilité spécifique est assez élevée ($> 85000.10^{-6}$ U. E. M.). La hausmannite du Thuringerwald, d'autre part, ne possède pas du tout d'aimantation spécifique permanente et sa susceptibilité est de l'ordre de 95.10^{-6} U.E.M., et il y a lieu de penser qu'il en est de même pour le constituant analogue de la vredenburgite.

Il y a donc une différence sensible entre les valeurs de l'aimantation spécifique permanente obtenues pour la jacobsite de Jakobsberg et pour celle qui donne à la vredenburgite ses propriétés magnétiques. Il faut peut-être rechercher l'origine de ce fait dans des différences de composition chimique provenant de conditions de formations différentes. En effet l'étude de la structure de la vredenburgite montre qu'elle résulte vraisemblablement de la séparation en deux constituants d'une substance homogène, à la suite d'un abaissement indépendant ou simultané des facteurs de température et de pression.

OCÉANOGRAPHIE. — *La composante annuelle autour de la Baltique.* Note [1] de M. **Vladimir Frolow.**

Le calcul de la composante annuelle des séries [2] marégraphiques, pluviométriques et hydrométriques a été fait par la méthode de M. H. Labrouste, en employant la combinaison multiple $S_4 S_2 Z_2 Z_3 (S_4)_{12/2}$. Trois cartes de répartition de la phase de la composante annuelle ont pu être dressées ainsi pour les mois de juillet de 1927, 1928, 1929. Celle de 1927 est reproduite ci-après. Les isophases ont été interprétées pour la pluie pour donner une base de comparaison.

Les trois cartes montrent que la répartition de la phase garde certains caractères généraux, malgré une certaine variation de la valeur de la phase d'année en année. On voit, en particulier, que la pluie et le niveau de la mer ont une valeur de phase de la composante annuelle assez voisine, la mer restant en retard sur la pluie. Par contre, la phase de la composante annuelle des niveaux, ou des débits, des cours d'eau a un décalage sensible par rapport aux deux premières et se trouve, par endroits, en opposition avec la pluie. On se l'explique, car l'écoulement des fleuves des pays riverains de la Baltique est influencé par l'enneigement et aussi par les marais et les lacs, et ce n'est qu'exceptionnellement qu'il peut suivre la pluie (Salaca).

La phase de la composante annuelle de la variation du niveau de la Baltique diminue en général vers le Nord. Il y a donc une onde annuelle qui parcourt cette mer. Les détails de la distribution de la phase portent une marque certaine de l'influence des courants marins qui facilitent la propagation le long des côtes où leur direction coïncide avec celle de l'onde annuelle.

Les valeurs de phase constatées à la même époque aux marégraphes norvégiens [3] montrent un retard par rapport à la Baltique, ce qui fait supposer que cette partie de l'Océan Atlantique est soumise à un régime différent de celui de la Baltique. Dans la mer du Nord, par contre, les

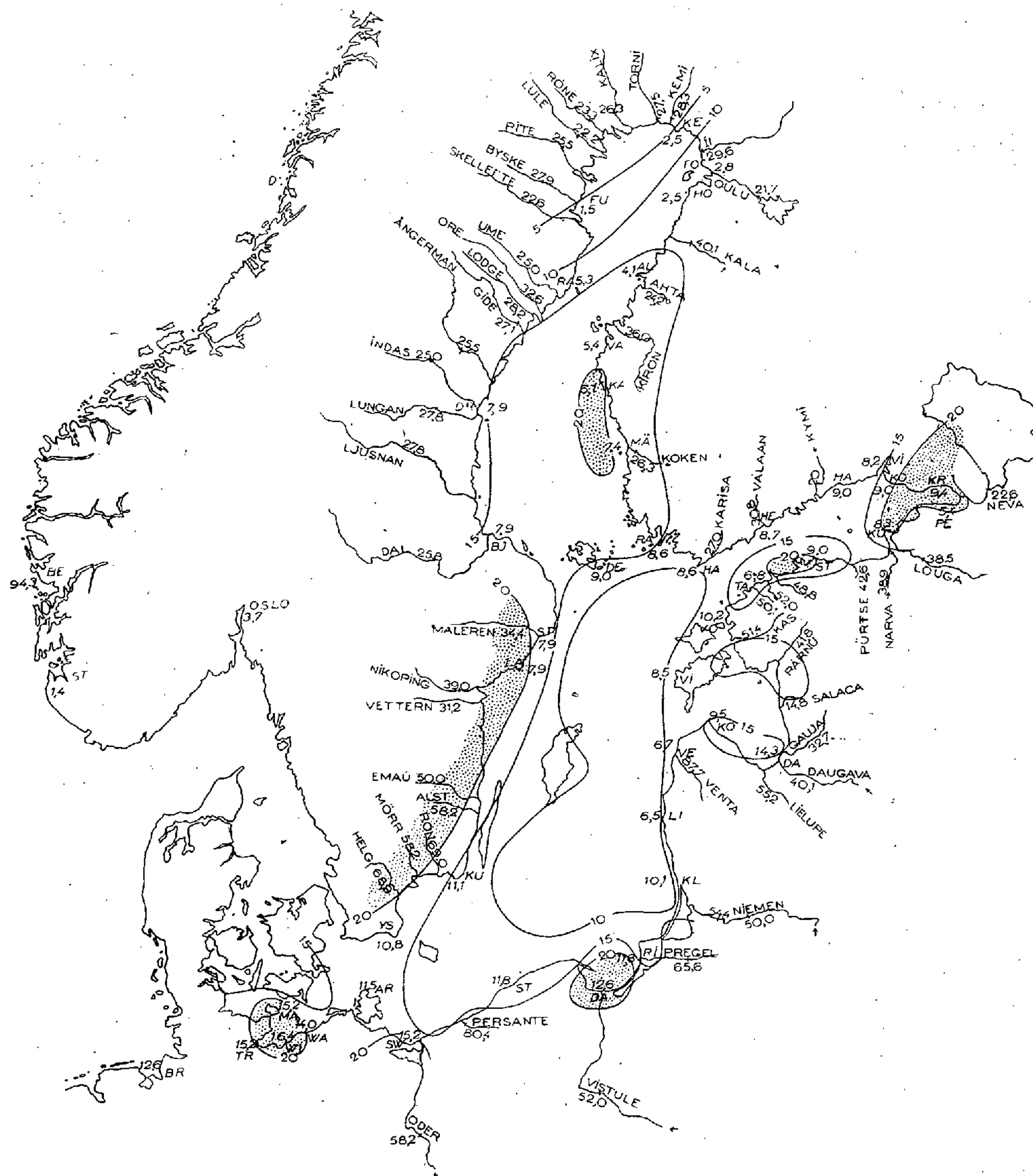
---

(1) Séance du 18 septembre 1939.

(2) *Ve Conférence hydrologique des États Baltiques*, Rapports 9A-91. *VIe Baltische hydrologishe Konferenz*, Bericht 8, Berlin, 1938. *Jahresberichte des Direktors des Geodätischen Institutes*, Postdam.

(3) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 824.

conditions semblent être comparables avec celles de la Baltique, comme le suggère la phase de la composante annuelle du marégraphe de Bremerhaven.



La phase de la composante annuelle de la pluie est plus avancée le long de la côte et dans les golfes et baies, que dans les îles de la Baltique. La morphologie influence ici, de même que dans d'autres contrées précédemment étudiées, la répartition mensuelle de la pluie. On peut supposer que

cet effet est dû sur les côtes baltes aux inégalités du régime thermique des différentes portions des terres et des eaux.

Les cours d'eau montrent une différence notable de phase qui diminue vers le Nord. Sa variation est brusque à la hauteur de l'île Gotland, au Sud de laquelle la neige n'est pas persistante (¹). Les cours d'eau plus longs (le Niemen, la Vistule, l'Oder) ont une phase inférieure à celle des cours d'eau côtiers, ce qui doit être attribué non seulement à leur plus grand développement, mais aussi à ce que leur cours moyen et supérieur sont dans les contrées enneigées. Cela explique aussi que le Niemen est anoplymirique par rapport à la composante annuelle.

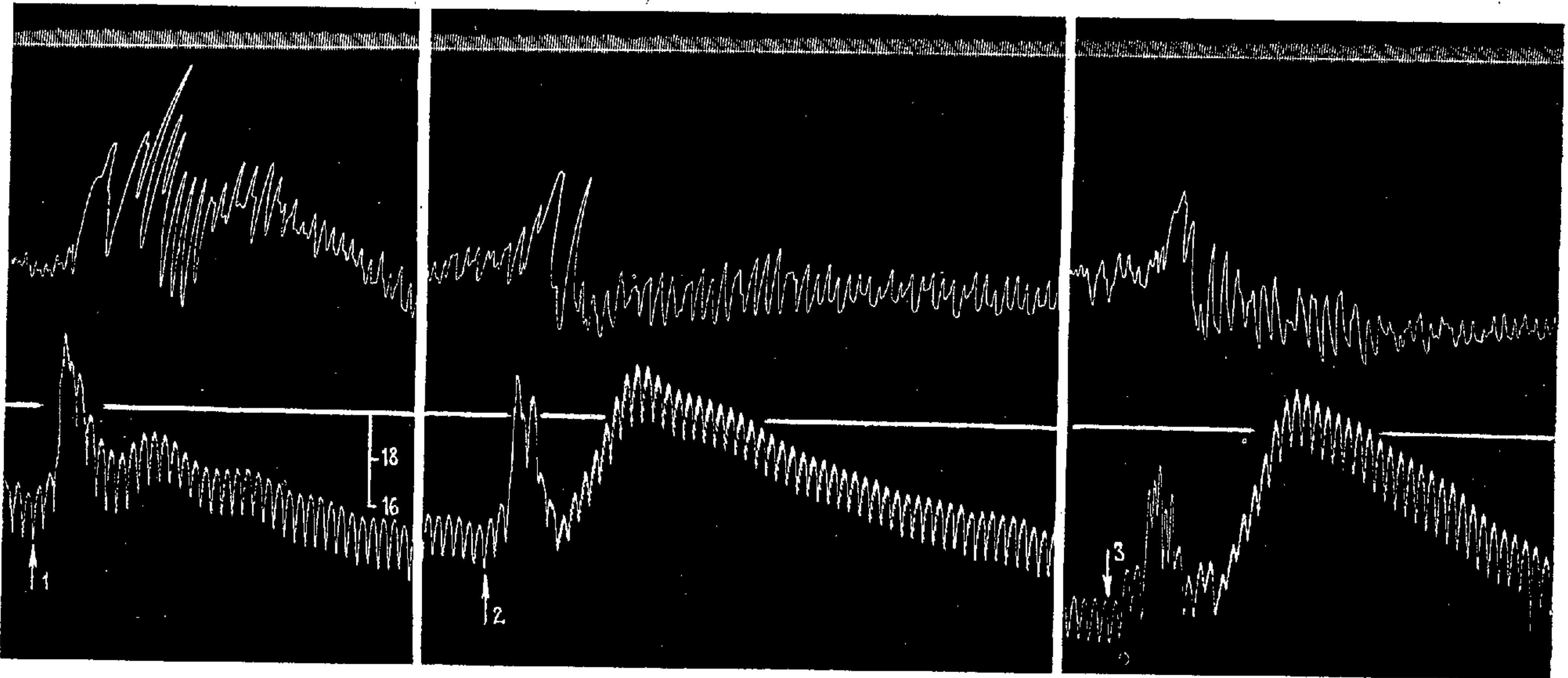
On voit, en résumé, que la composante annuelle des variations du niveau de la Baltique, de la pluie, sur son pourtour, et des fleuves, ses tributaires, est en relation précise avec la morphologie et le climat de cette région. Il est souhaitable que l'étude actuelle puisse être complétée par l'analyse des séries de la température des eaux, de l'air et du sol, ainsi que du vent et de l'évaporation effective de la surface libre des eaux.

BOTANIQUE COLONIALE APPLIQUÉE. — *Sur un faux Iboga doué de propriétés pharmacologiques très différentes de celles du véritable Iboga.* Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Alors que la drogue, que les Indigènes du Gabon connaissent sous le nom d'*Iboga* et dont ils utilisent les propriétés névrosthéniques, est fournie par les racines du *Tabernanthe Iboga* Baillon, l'Europe reçoit souvent sous cette dénomination des racines d'autres espèces de *Tabernanthe* et même d'autres Apocynacées appartenant aux genres *Rauwolfia* et *Pterotaberna*.

C'est ainsi que nous avons reçu du Gabon sous le nom d'Iboga quelques racines qui ressemblaient macroscopiquement à celles du *Tabernanthe Iboga*, mais que, grâce à l'échantillon feuillé, fleuri et fructifié qui les accompagnait et qui avait été prélevé sur la plante même dont elles provenaient, nous pouvons rapporter avec certitude à une variété nouvelle du *Pterotaberna inconspicua* Stapf. Cette variété se distingue du type de l'espèce par la plus grande taille de ses fleurs, dont le tube corollin atteint 15^{mm} et dont les pétales dépassent un peu cette longueur.

(¹) J. W. Sandström, *Association Internationale d'Hydrologie scientifique*, Bulletin 23, p. 117, Riga, 1938.



Expérience du 16 *juin* 1939. — Chien de 10^{kg}, anesthésié par le chloralose (12^{cg} par kg), bivagotomisé au cou et soumis à la respiration artificielle. 1re ligne : temps en secondes; 2e ligne : contractions de l'intestin grêle enregistrées *in situ* par la méthode du ballon; 3e ligne : repaire de la pression carotidienne à 20^{cm} de Hg; 4e ligne : variations de la pression carotidienne enregistrées au moyen du manomètre à mercure. Aux points marqués par les flèches, on a injecté dans la saphène, en 1 : 5^{cm^3}, en 2 : 25^{cm^3}, en 3 : 50^{cm^3} d'extrait aqueux de *Pterotaberna inconspicua* Stapf, var. *macrantha* Raymond-Hamet, dont chaque centimètre cube correspond à 1/8e de son poids de racines de cette Apocynacée et qui a été additionné de la quantité de chlorure de sodium nécessaire pour que chaque centimètre cube en contienne 8^{mg}. Tracés réduits de moitié.

Nous avons pu nous assurer que les propriétés pharmacologiques de cette Apocynacée sont tout à fait différentes de celles du vrai Iboga. Alors en effet que l'extrait aqueux des racines de ce dernier est essentiellement hypotenseur, celui qu'on obtient avec celles de notre *Pterotaberna* provoque de l'hypertension ([1]). Injecté dans les veines à des doses variant de 0,5 à 5^{cm^3} par kilogramme, cet extrait, qui correspond à $1/8^e$ de son poids de racines, provoque : d'abord une première hausse de pression qui est brusque et passagère, reste à peu près égale à ces diverses doses et est bientôt suivie d'une baisse la ramenant au voisinage de son niveau initial, puis une seconde hausse qui s'effectue plus lentement que la première et est d'autant plus forte et plus durable que la dose injectée a été plus grande.

A ces diverses doses, cet extrait manifeste, sur l'intestin *in situ*, une action excitatrice marquée. A la plus faible de ces doses, cette action se manifeste à la fois par une augmentation considérable de l'amplitude des contractions et par une élévation marquée du tonus qui cependant s'abaisse peu à peu jusqu'à un niveau inférieur à celui qu'il atteignait avant l'injection. Avec les doses plus fortes, on obtient des effets intestinaux nettement biphasiques qui ressemblent à ceux des substances nicotiniques ([2]) : d'abord une très forte contraction de la musculature circulaire puis un relâchement plus ou moins marqué de celle-ci au cours duquel les contractions d'abord plus amples qu'initialement se rétrécissent peu à peu et finalement s'arrêtent.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *La cytologie des mâles et l'hypothèse du rajeunissement périodique de la race par la fécondation, chez les Phasmes à parthénogénèse constante.* Note de MM. **Pierre Cappe de Baillon** et **Georges de Vichet**, présentée par M. Maurice Caullery.

Il n'est pas d'espèce de Phasmes à parthénogénèse constante qui ne compte de temps à autre quelques mâles dans sa descendance. Sur la valeur

---

([1]) Les deux extraits aqueux ont été préparés dans des conditions identiques : décoction au bain-marie pendant 3 heures suivie de macération pendant 21 heures d'une quantité déterminée de racines pulvérisées mises en suspension dans 8 fois leur poids d'eau distillée; filtration sur Buchner; addition au filtrat de la quantité de chlorure de sodium nécessaire pour que chaque centimètre cube en contienne $0^g,008$.

([2]) Raymond-Hamet, *Arch. intern. de Pharmacodynamie*, 38, 1930, p. 382-397; *Rev. de Pharmacol. et de Thérap. expériment.*, 2, 1931, p. 133-154.

fonctionnelle de ces mâles repose l'hypothèse du rajeunissement possible de la race par fécondation, à des intervalles plus ou moins longs. Les deux arguments invoqués sont : l'apparition de mâles en nombre à certaines générations; l'affaiblissement progressif des races unisexuées élevées en captivité. Que valent ces arguments devant les faits actuellement acquis?

La découverte, aux environs de Montpellier, de deux nouveaux mâles : l'un, de *Leptynia*, l'autre, de *Bacillus*, nous a permis d'étendre nos expériences à cinq espèces, *Carausius morosus* Br., *Baculum artemis* Westw., *Clonopsis gallica* Charp., *Leptynia hispanica* Bol., *Bacillus rossii* Rossi.

Chez toutes, l'accouplement a été observé à plusieurs reprises; chez toutes aussi, la descendance est demeurée strictement thélytoque. Comment expliquer ce résultat?

L'étude cytologique a démontré l'inaptitude fonctionnelle des mâles de *Clonopsis* et de *Leptynia*. Leur spermatogenèse était monstrueuse et aucune spermie n'était parvenue à maturité.

En outre, chez le *Leptynia* comme chez le *Carausius*, la formule chromosomique des femelles est constituée de telle manière qu'elle rend la fécondation inutile. Le mâle du *Leptynia hispanica* a 54-60 chromosomes; la femelle, 52-56; le mâle du *Carausius morosus*, 64-68, et la femelle, 64-73. La formule femelle du *Leptynia* peut être accidentellement triploïde, car le nombre réduit des chromosomes y oscille entre 16 et 44. Celle du *Carausius* l'est normalement avec un nombre réduit 20-21 éléments. Or l'étude de la méiose du *Carausius furcillatus* Pant., espèce très voisine du *C. morosus*, dont la femelle possède 64-67 chromosomes, a montré que la vésicule germinative, aussitôt après l'expulsion des globules polaires, pouvait encore avoir 36 et même 46 chromosomes. Bien plus, vers le cinquième ou sixième jour du développement de l'œuf, alors que commence à s'organiser le blastoderme embryonnaire, certaines cellules perdent leur aspect radié, et, dans leur cytoplasme rétracté, le noyau subit une série de divisions aussitôt suivies de fusions. Il en résulte la formation de cellules à noyau de valeur double ou triple, qui entrent dans la constitution de l'embryon, et, dans certains cas, le constituent même tout entier. Il est clair que l'œuf parthénogénétique issu d'un soma aussi riche en chromatine n'a pas besoin de l'apport mâle pour se développer.

Restent deux espèces : le *Baculum artemis*, dont le mâle possède 68-72 chromosomes; la femelle, 68-76, et le *Bacillus rossii*, avec 32-36 éléments mâles et 34-36 éléments femelles. Ces formules sont diploïdes : les sper-

matocytes du *Baculum* ont 35-36 chromosomes; ceux du *Bacillus*, de 16 à 18. Or l'accouplement n'a eu jusqu'ici aucune influence sur le caractère des deux descendances qui demeurent thélytoques.

L'existence, chez le mâle des deux espèces, de spermatogonies secondaires offrant un nombre pair de chromosomes, est une anomalie qui, normalement, devrait entraîner la formation d'une seule sorte de spermatozoïdes. Aux deux divisions de maturation, en effet, le nombre réduit qui prédomine est de beaucoup le nombre pair : 36, d'une part, et 16 d'autre part. Mais les cas de non-disjonction sont fréquents, aussi bien à la seconde division qu'à la première. Il se peut que les spermatozoïdes capables d'influer sur la détermination du sexe mâle, soient en très petit nombre et disparaissent dans la masse de ceux qui pénètrent dans l'œuf.

Quoi qu'il en soit, l'insuffisance fonctionnelle des mâles, chez les Phasmes à parthénogénèse constante, est un fait, et ce fait enlève, jusqu'à nouvel ordre, toute valeur à l'hypothèse d'un rajeunissement périodique de ces races par la fécondation. La question du nombre des mâles ne modifie pas cette conclusion : tous les mâles d'une même génération peuvent être parfaits en apparence, et cependant inaptes à la reproduction. Le cas s'est présenté plusieurs fois chez le *Carausius morosus* et le *Leptynia hispanica*.

Quant à l'isolement parthénogénétique, il n'a causé, jusqu'ici, aucun préjudice à la vitalité des cinq espèces soumises à l'observation. Sans parler du *Carausius morosus*, dont la résistance est depuis longtemps démontrée, le *Baculum artemis*, élevé au laboratoire depuis 1922, le *Clonopsis gallica*, le *Bacillus rossii* n'ont jamais donné le moindre signe de dépérissement. Au contraire, si, dans les élevages comme dans la nature, ces espèces ont présenté des variations de taille importantes, dans les élevages seulement elles ont fourni des sujets de très grande taille (*Baculum artemis*, 131^{mm} au lieu de 108-117; *Bacillus rossii*, 110^{mm} au lieu de 80-105). La seule espèce qui ait manifesté une tendance à régresser est le *Leptynia hispanica*, mais c'est au parasitisme seul qu'il faut l'attribuer. Loin de nuire à l'espèce, l'élevage en captivité la préserverait des attaques du *Thrixion halidayanum* Rond. et lui permettrait de se régénérer.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'isolement et la constitution chimique de la bonelline, pigment vert de* Bonellia viridis. Note de M. **Edgar Lederer**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Le tégument du Ver Géphyrien *Bonellia viridis* est coloré en vert foncé. Son pigment, la bonelline, a occupé beaucoup de chercheurs; Dhéré et Fontaine [1] en citent une vingtaine. Sorby [2] fut le premier à étudier son spectre d'absorption à 6 bandes qui le différencie nettement des chlorophylles. Dhéré et Fontaine [1] ont mesuré les spectres d'absorption et de fluorescence de la bonelline et concluent qu'elle présente beaucoup d'analogies avec les porphyrines et la phylloérythrine, terme de dégradation de la chlorophylle *a* chez les Vertébrés. Jusqu'ici cependant les chercheurs s'étaient contentés d'étudier la bonelline en solution et n'étaient même pas sûrs d'être en présence d'un pigment homogène.

Voici comment nous avons obtenu la bonelline pure.

L'épuisement des Vers par l'alcool à froid fournit une liqueur vert foncé; on évapore l'alcool et épuise le résidu avec de l'éther de pétrole, puis avec de l'éther éthylique; ce dernier dissout tout le pigment; on l'en extrait par l'ammoniaque à 1 %, puis reprend le pigment avec l'éther après neutralisation de la solution alcaline verte. Le pigment passe ensuite avec une couleur bleue dans le ClH à 6 %. Après neutralisation de la phase aqueuse on le reprend de nouveau par l'éther et filtre cette solution à travers une colonne de CO^3Ca. On obtient une large zone verte accompagnée de quelques très faibles zones bleuâtres. On élue le pigment de la zone principale en dissolvant l'adsorbat dans le ClH dilué et le reprend par l'éther. L'évaporation de celui-ci donne un résidu vert foncé cristallisé.

Propriétés physiques et chimiques. — La bonelline cristallise à partir de l'éther ou du toluène sous forme de fines aiguilles vert foncé sans fluorescence, ne fondant pas jusqu'à 300°. Les cristaux sont insolubles dans l'éther de pétrole, plus ou moins solubles dans les autres solvants organiques. Les solutions concentrées présentent un dichroïsme vert rouge intense. L'indice de ClH de la bonelline est 4, son indice de pH 8. Elle donne avec le diazométhane un éther-sel qui n'a plus de caractère acide et forme des sels complexes avec le cuivre, le fer et le zinc. Seul le sel de zinc conserve la fluorescence rouge de la bonelline libre.

---

(1) *Ann. Inst. Océanographique*, 12, vi, 1932.
(2) *Quart. Journ. Microsc. Sci.*, 15, 1875, p. 166.

Le spectre d'absorption de la bonelline présente une analogie frappante avec celui de la mésopyrrochlorine, mesuré par Stern et Molvig (³).

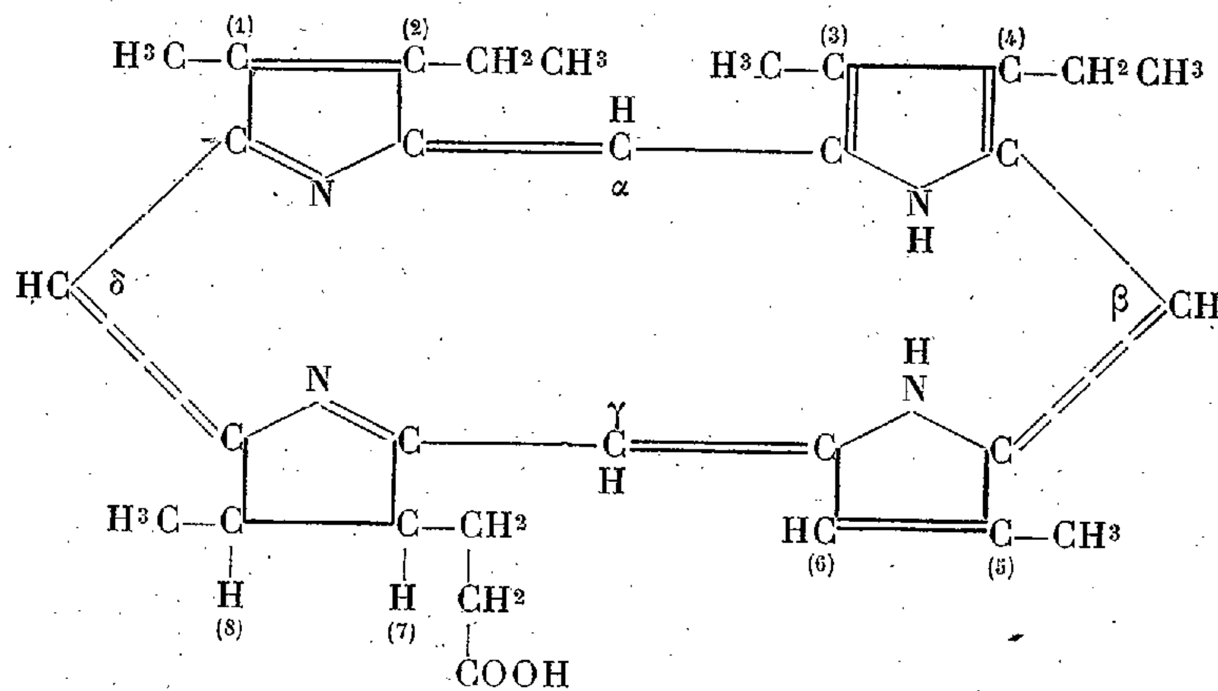
Mésopyrrochlorine dans le dioxane (mμ)...	640	612	588	541	518	492	484
Bonelline » ...	638	608	585	537	516	492	481
Mésopyrrochlorine dans ClH à 12 %.......	634	590	(538)	520			
Bonelline »	633	585	(536)	519			

D'après Stern et Molvig (³) la bande à 610 mμ est caractéristique pour le groupe *méso* ($-CH^2-CH^3$) en position 2; le dédoublement de la sixième bande en deux bandes très rapprochées (492, 484 mμ) et de même intensité est également très caractéristique.

Les spectres de fluorescence de ces deux corps sont assez rapprochés :

Mésopyrrochlorine, d'après Stern (⁴) (mμ)......	715	698	674,5	655	636	
Bonelline, d'après Dhéré et Fontaine »	711	695	673	643	611	509

Les analyses élémentaires de la bonelline concordent avec la formule brute $C^{34}H^{36}N^4O^4 \pm H^2$ (trouvé % C 69,76, H 6,92, N 10,4; calculé % pour $C^{34}H^{36}N^4O^4$: C 70,4, H 6,87, N 10,6. Formule brute de la mésopyrrochlorine, $C^{34}H^{36}N^4O^2$). Cependant nous ne pouvons pas encore exclure d'autres formules analogues, comme $C^{33}H^{38}N^4O^5$ (calculé % C 69,4, H 6,72, N 9,82).



Mésopyrrochlorine, d'après Fischer, Herrle et Kellermann (⁵).

(³) *Z. physik. Chem.*, A, **178**, 1937, p. 164. Les chlorines résultent d'une transformation chimique ouvrant le noyau isocyclique de la chlorophylle. Voir les travaux de Fischer et coll. dans les *Liebigs Ann. Chem.* et *Z. physiol. Chem.* des dernières années.

(⁴) *Z. physik. Chem.*, A, **182**, 1938, p. 186.

(⁵) *Liebigs Ann. Chem.*, **524**, 1936, p. 222.

Si la formule $C^{34}H^{36}N^{4}O^{4}$ est confirmée, nous pensons que la bonelline est une dioxy-mésopyrrochlorine, portant un groupe hydroxyle sur le carbone 6 et le deuxième sur le carbone γ. Ces deux groupes seraient le dernier reste du noyau isocyclique de la chlorophylle *a*.

BIOCHIMIE COMPARÉE. — *Phosphatase des os et croissance du squelette chez la Sardine* (Clupea pilchardus *Walb.*). Note [1] de M. **Jean Roche** et Mlle **Jacqueline Collet**, présentée par M. Paul Portier.

La croissance du système osseux des Téléostéens s'opère par des poussées d'allongement successives évoluant pendant le printemps et l'été et alternant, dès l'automne, avec des périodes de repos au cours desquelles la taille des animaux ne se modifie pas. Or le squelette de tous les jeunes Vertébrés contient une phosphatase, dont l'activité permet l'enrichissement local en ions phosphoriques nécessaire à la minéralisation rapide des os chez les Mammifères et les Oiseaux (Robison et Fell) et à la formation des dents chez les Sélaciens (Roche et Bullinger). Nous nous sommes proposé de préciser le rôle de cet enzyme dans les diverses phases de l'ossification des Téléostéens.

Nous avons étudié dans ce but la teneur en phosphatase des os (vertèbres, voûte carnienne, nageoire caudale, écailles) de la Sardine (*Clupea pilchardus* Walb.) au cours de la première période annuelle de développement, comprenant la métamorphose, et pendant les deux années suivantes, dont la première s'achève quand la maturité sexuelle est atteinte. Nos recherches ont porté sur des Sardines de la Méditerranée (côtes de Provence) capturées de mars 1938 à juillet 1939, dont l'âge et le degré d'activité ostéogénique ont été déterminés au moyen des données biométriques établies ou rassemblées par L. Fage [2]. La teneur en phosphatase des pièces squelettiques a été dosée chez 115 animaux par la méthode de Roche, Filippi et Léandri [3] et les valeurs moyennes des résultats obtenus figurent dans le tableau ci-contre.

---

(1) Séance du 18 septembre 1939.

(2) *Rep. Danish oceanogr. Exped.*, 2, fasc. A 9, 1920, p. 34-94.

(3) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 19, 1937, p. 1314.

Variations de l'activité phosphatasique relative moyenne de diverses pièces squelettiques de la Sardine à des étapes successives de son développement en Méditerranée septentrionale.

Mois de capture	Taille moyenne (mm)	Variations de l'activité phosphatasique des voûtes craniennes	vertèbres	nageoires caudales	écailles
		A. — Première année de vie.			
de I à III....	de 25 à 40	de 30 à 40	de 20 à 25	–	–
III à IV ..	40 à 50	40 à **42**	25 à **35**	–	–
IV à V....	50 à 65	42 à 23	35 à 18	–	–
V à VI....	65 à 80	23 à **28**	18 à **22**	de 65 à 100	–
VI à VIII .	80 à 90	28 à 24	22 à 20	100 à 80	–
VIII à X...	90 à 95	24 à 13	20 à 10	80 à 40	–
X à XII...	95 à 100	13 à 10	10 à 8	40 à 20	–
		B. — Seconde (2) et Troisième (3) années de vie.			
de I à II.....	(2) 100 et (3) 130	de 9 à 10	8	de 20 à 25	de 5 à 6
II à IV...	» 106 et » 132	10 à 12	de 8 à 10	25 à 44	6 à 90
IV à VI..	» 120 et » 136	12 à **14**	10 à **11**	44 à **50**	90 à **95**
VI à VIII.	» 125 et » 139	14 à 10	11 à 9	50 à 35	95 à 10
VIII à IX.	» 128 et » 140	10 à 9	9 à 8	35 à 28	10 à 5
IX à XII .	» 130 et » 140	9	8	28 à 20	5

Nos observations justifient les conclusions suivantes :

1° Quelle que soit la taille des animaux et en toute saison, les vertèbres et la voûte du crâne, os à croissance discontinue, sont moins riches en phosphatase que la nageoire caudale, organe contenant pratiquement toujours des rayons en voie de développement.

2° Pendant la première année de la vie, l'activité phosphatasique de tous les os augmente jusqu'à ce que les alevins se transforment en jeunes Sardines, quand leur taille atteint environ 50^{mm}. Elle diminue au moment de la *crise de croissance* que comporte la métamorphose (L. Fage), puis varie proportionnellement à la vitesse de l'allongement corporel jusqu'à l'arrêt de celui-ci survenant au début de la saison froide.

3° La poussée de développement se manifestant au printemps chez la Sardine adulte (trois ans) ou immature (deux ans) va de pair avec une augmentation de la teneur en phosphatase du squelette. Celle-ci est minime dans les os dont la croissance est alors relativement faible (vertèbres, os de la voûte du crâne), mais elle est très importante dans

ceux qui, comme les écailles, présentent un accroissement de taille notable pendant la belle saison. L'augmentation de l'activité phosphatasique des écailles au début de la formation de leurs *anneaux d'été* est si brusque et si forte qu'elle constitue un test biochimique précis de la croissance périodique de ces organes.

4° Ces observations et divers faits antérieurs du même ordre établis sur les os des Mammifères et des Oiseaux en croissance (Robison, Roche) traduisent l'importance de la participation de la phosphatase à toute ostéogenèse rapide. Le même enzyme ne semble par contre ne jouer qu'un rôle secondaire dans les phénomènes d'ossification évoluant lentement, l'apport humoral direct d'ions phosphoriques permettant alors à lui seul la minéralisation de la substance osseuse en voie de formation.

La séance est levée à 15ʰ 20ᵐ.

A. Lx.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SEANCE DU LUNDI 2 OCTOBRE 1939.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE BÉHAL.

CORRESPONDANCE.

GÉOMÉTRIE. — *Nouvelles recherches sur les singularités des espaces-temps extérieurs.* Note de M. **André Lichnerowicz**, présentée par M. Élie Cartan.

But de cette Note. — J'ai établi dans ma Thèse (¹) le résultat suivant :

Étant donné un champ extérieur statique du type le plus général, tout tube d'univers de ce champ qui peut être meublé par une distribution matérielle produisant un champ intérieur statique, compatible avec le champ extérieur, contient nécessairement des singularités du champ extérieur.

Je me propose maintenant d'établir le même résultat dans le cas où la distribution matérielle est remplacée par une distribution d'énergie d'origine électromagnétique. Ainsi s'étend, en accord avec les résultats de ma Thèse, le rôle joué par les singularités du ds^2 extérieur dans la représentation relativiste de l'énergie.

Notations. — J'utilise dans la suite les notations de mon précédent travail. En particulier, pour mettre en évidence l'indice 4 réservé à la variable présentant le caractère temporel, j'introduirai des indices grecs à 4 valeurs et des indices latins ne pouvant prendre que 3 valeurs seulement.

Théorème. — *Dans un champ extérieur statique, tout tube d'univers qui peut être meublé statiquement par un champ électromagnétique contient nécessairement des singularités du champ extérieur.*

Démonstration. — Soient

$$R^{\mu}_{\lambda} = \chi T^{\mu}_{\lambda}$$

les équations d'Einstein du cas intérieur, où T^{μ}_{λ} désigne le tenseur d'énergie électromagnétique. Si $F_{\lambda\mu}$ représente le tenseur antisymétrique du champ

---

(¹) *Sur certains problèmes globaux relatifs au système des équations d'Einstein.* Paris, 1939, p. 65-69.

électromagnétique, il vient

$$T^{\mu}_{\lambda} = \frac{1}{4} g^{\mu}_{\lambda} F_{\alpha\beta} F^{\alpha\beta} - F_{\lambda\alpha} F^{\mu\alpha}.$$

En particulier l'équation d'Einstein, qui présente, dans l'espace, le caractère scalaire, peut s'écrire

$$R^{4}_{4} = \chi \left[\frac{1}{4} F_{\alpha\beta} F^{\alpha\beta} - F_{4\alpha} F^{4\alpha} \right].$$

En mettant en évidence, dans le second membre, les composantes électriques et les composantes magnétiques du champ, il est possible de mettre l'équation précédente sous la forme

$$\text{(E)} \qquad R^{4}_{4} = \frac{\chi}{2} \left[\frac{1}{2} g^{ih} g^{jk} F_{ij} F_{hk} + (g^{4i} g^{4j} - g^{44} g^{ij}) F_{4i} F_{4j} \right].$$

Or, en vertu des conditions relatives à l'espace et au temps, g^{44} est une quantité positive, et la forme quadratique admettant les g^{ij} pour coefficients est définie négative. Il résulte alors de l'équation (E) que la composante R^{4}_{4} du tenseur de Ricci est *essentiellement positive* dans les domaines occupés par le champ électromagnétique.

Ce résultat permet l'application de la méthode générale que j'ai donnée dans ma Thèse ([2]), et la démonstration est, dès lors, en tout point analogue à celle donnée dans le cas d'une distribution matérielle.

PHOTOCHIMIE. — *Émission de rayonnement ultraviolet et thermolyse de l'azoture de fer.* Note de M. **Charles Racz**, présentée par M. Jean Perrin.

L'émission de la lumière ultraviolette accompagnant la décomposition thermique des azotures de Na, K, Ag, Pb, I, Tl a été le sujet de nombreux travaux ([1]) et ([2]). On a trouvé comme énergies d'activation mesurées

---

([2]) Pages 64-65.

([1]) R. Audubert et H. Muraour, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 431; R. Audubert, *J. Chim. Phys.*, **34**, 1937, p. 405; *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 133; **206**, 1938, p. 748; J. Mattler, *J. Chim. Phys.*, **35**, 1938, p. 277; R. Audubert, *Trans. Faraday Soc.*, **35**, 1938, p. 197.

([2]) R. Audubert et J. Mattler, *Comptes rendus*, **205**, 1938, p. 1639; R. Audubert et Racz, *ibid.*, **208**, 1939, p. 1810.

photogéniquement soit 48000 cal., soit 24000 cal., valeurs caractéristiques de (N^3) et dans une atmosphère oxydant 65000 cal. correspondant à un processus d'oxydation.

Il était intéressant d'étudier un azoture d'un métal trivalent tel que $(N^3)^3Fe$. Ce sel a été préparé suivant la méthode de Wöhler et Martin (³). L'émission était décelée par un compteur photoélectrique de CuI dont la sensibilité spectrale est située entre 1900 et 2700 Å avec maximum à 2350 Å. Les résultats suivants ont été obtenus :

Dans l'air libre la décomposition de $(N^3)^3Fe$ est accompagnée d'une forte émission ultraviolette, mais les valeurs des énergies d'activation correspondantes ne sont pas aussi régulières que dans le cas des autres azotures déjà étudiés. En faisant une statistique, nous avons distingué trois énergies d'activation dont les valeurs moyennes en fonction des températures croissantes sont

$$47000 \pm 2500\,\text{cal.}; \quad 33500 \pm 4500\,\text{cal.}; \quad 64000 \pm 5000\,\text{cal.}$$

L'émission commence vers 270° C. et les deux points de transition sont respectivement situés à $303° \pm 4°$ et $334° \pm 5°,6$. Mais, si l'on fait l'expérience avec la substance préalablement portée au-dessus de 310° et refroidie, l'émission ne commence qu'à 305° et l'on ne trouve que deux énergies d'activation correspondant à 34000 ± 1000 cal. et 75000 ± 5000 cal.

En atmosphère fermée, d'air ou d'azote, l'azoture de fer explose violemment vers 200°. Dans un courant d'azote l'explosion est légèrement retardée, ce qui permet de faire des mesures. Ainsi dans un courant d'azote l'émission reste assez forte, mais présente un maximum d'environ 20° au-dessous de la température d'explosion (230°), puis retombe vers zéro. La détermination de l'énergie d'activation de la partie ascendante est peu précise et donne 31000 cal. Dans le cas où l'appareil n'est pas brisé, si l'on continue à chauffer dans l'azote on n'observe aucune émission, mais cette dernière réapparaît si on laisse entrer l'air.

Ces faits expérimentaux peuvent être facilement rattachés aux résultats déjà obtenus avec les autres azotures. En premier lieu, l'énergie d'activation de 64000 cal. est sensiblement la même que celle obtenue dans l'oxydation des azotures de thallium et de mercure (⁴). Ce qui incline à penser que ce processus est indépendant du métal, comme d'ailleurs celui

(³) *Ber. d. chem. Ges.*, 50, 1917, p. 594.

(⁴) Cette dernière n'a pas encore donné lieu à une publication.

qui correspond à 47 000 cal., valeur identique à celle qui a été trouvée pour les azotures de Na, K, Ag, Tl. En ce qui concerne la réaction caractérisée par une énergie d'activation de 33 000 cal., en raison du très court intervalle de température dans lequel elle est observée, il est difficile de conclure avec certitude qu'elle représente un processus nouveau. Mais, d'une part, l'écart est grand entre cette valeur et celle de 24 000 cal. qui représente, comme on sait, la deuxième énergie d'activation des azotures antérieurement étudiés; d'autre part les raisons qui suivent sont aussi en faveur de l'existence d'un mécanisme de thermolyse différent.

La présence de l'oxygène semble favoriser la rupture des chaînes ramifiées, ce qui explique le fort déplacement de la zone de stabilité en atmosphère d'azote. D'autre part le fait qu'avec une substance préalablement chauffée, la première phase de la thermolyse correspondant à 47 000 cal. disparaît, montre que la deuxième phase relative à 33 000 cal. doit se rapporter à un produit relativement stable, différant de $(N^3)^3Fe$; de cette manière il est facile de comprendre que le début de la dissociation thermique ne libérant pas de fer atomique, pouvant jouer le rôle d'inhibiteur comme Na et Tl (2), l'émission qui apparaît d'abord en milieu d'azote présente un maximum et diminue par suite de la libération d'atomes de fer par le processus correspondant à 33 000 cal.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Les variations des grandes gerbes de rayons cosmiques en fonction de la pression barométrique, de l'altitude et du temps.* Note de MM. **Pierre Auger**, **Robley** et **Pluvinage**, présentée par M. Jean Perrin.

1. Le nombre de coïncidences obtenues par heure avec un système de deux compteurs placés à quelques mètres de distance l'un de l'autre s'accroît fortement lorsque les mesures sont faites en altitude élevée. Cette augmentation peut être due à deux facteurs : d'abord l'accroissement du nombre N de grandes gerbes atmosphériques de rayons cosmiques atteignant en moyenne et par heure le lieu d'observation, puis l'accroissement de la densité de ces gerbes, c'est-à-dire du nombre moyen Δ de trajectoires frappant un mètre carré de surface horizontale. Nous avons montré (1) comment on peut évaluer ces deux grandeurs séparément, au

(1) *Journal de Physique*, 10, 1939, p. 1.

moins d'une façon approximative, en comparant les nombres de coïncidences par heure obtenues avec des systèmes à deux et à trois compteurs, soit n_2 et n_3. Si l'on admet pour simplifier une répartition de hasard uniforme des points d'impact des électrons, on a $n_2 = (1-\alpha)^2 N$ et $n_3 = (1-\alpha)^3 N$ si l'on pose $\alpha = e^{-\Delta S}$, où S est la surface utile des compteurs en mètres carrés. On peut alors tirer une évaluation de N et de Δ des mesures de n_2 et de n_3, ce que nous avons fait à Paris (pression atmosphérique $H = 10^m,3$ d'eau) et à l'Observatoire du Pic du Midi ($H = 7^m,3$ d'eau), avec des systèmes de deux et de trois compteurs placés symétriquement à 2^m les uns des autres, dans un plan horizontal. Le tableau suivant donne le résultat des mesures.

H.	S.	n_2.	n_3.	Δ.	N.
10,3	0,02	7,5	2,5	20	67
7,3	0,01	24,1	8,9	40	180

On constate que la densité Δ s'accroît du simple au double et que N est à peu près multiplié par 3. Cet accroissement de N est beaucoup moindre que celui de n_2, à cause de l'augmentation de la densité moyenne.

La valeur élevée de Δ en haute altitude a pu être également déduite de la comparaison des valeurs de n_2 obtenues avec des compteurs de surfaces très différentes. On peut alors en effet éliminer N entre les deux relations que donne la formule indiquée plus haut pour n_2. Le résultat de mesures faites au Jungfraujoch ($H = 6^m,8$ d'eau) a conduit pour Δ à des valeurs de l'ordre de 60 par mètre carré, même avec des compteurs éloignés de 50^m. Il est évident par ailleurs que les hypothèses utilisées dans ces calculs simples sont insuffisantes, la distribution des trajectoires n'étant pas uniforme et qu'une analyse plus fine serait maintenant nécessaire.

2. Les changements de la valeur de l'écran atmosphérique qui accompagnent les variations de la pression barométrique doivent avoir sur les grandes gerbes des effets analogues à ceux des changements d'altitude. Pour les étudier nous avons enregistré les valeurs de n_2 d'une manière continue pendant 40 jours avec deux compteurs placés à 2^m l'un de l'autre. La courbe des valeurs moyennes de n_2, prises par 24 heures, a été comparée à la courbe des moyennes barométriques prises sur les mêmes intervalles de temps. La corrélation excellente de ces courbes a permis d'établir un coefficient barométrique du nombre de coïncidences doubles. Ce nombre n_2 diminuant de 15 % lors d'une augmentation de pression de 1^{cm} de mercure, le coefficient de décroissance massique est $\mu/\rho = -0{,}009\,\mathrm{cm^2/g}$. Ce coefficient est identique à celui calculé à partir de la variation en

altitude : en effet, en passant de Paris ($H = 10^m,7$) au Pic du Midi ($H = 7^m,3$), le nombre n_2 obtenu avec des appareils identiques a été multiplié par 7, ce qui donne pour μ/ρ la même valeur que ci-dessus. Il n'y a aucune indication d'une anomalie comme celle présentée par les rayons cosmiques du groupe dur. En rapprochant ces résultats de ceux du paragraphe précédent, on peut donc conclure raisonnablement de l'ensemble de ces mesures que le coefficient de décroissance atmosphérique de N, nombre réel de grandes gerbes, est de l'ordre de 0,003 cm^2/g, ce nombre présentant une grande incertitude du fait de l'influence considérable de la valeur de Δ sur les résultats.

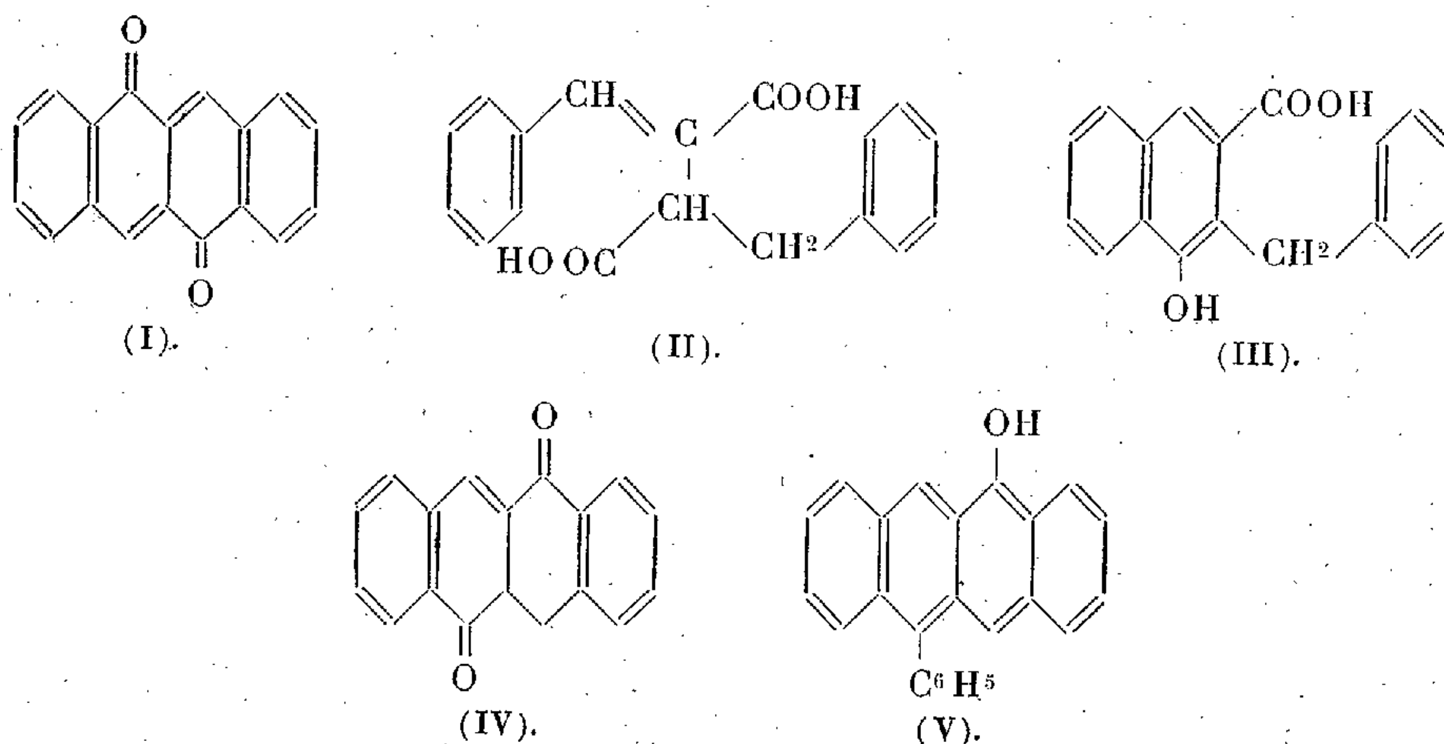
Nous avons également enregistré pendant le même temps les variations de la température météorologique, mais la corrélation très étroite qu'elles présentent avec celles de la pression barométrique n'a pas permis de calculer un coefficient de température; on peut cependant conclure qu'il est très petit, s'il existe.

3. Enfin nous avons recherché s'il était possible de mettre en évidence une variation à périodicité diurne du nombre des grandes gerbes, en faisant les moyennes des valeurs de n_2 pour chaque heure notée en temps moyen, pour tous les jours de la durée des expériences (juin-juillet 1939). La courbe obtenue présente des fluctuations totales de 8 % ; si l'on corrige les valeurs de n_2 par l'usage du coefficient donné ci-dessus et en fonction de la variation diurne de la pression barométrique, les fluctuations extrêmes ne dépassent plus guère 3 % de part et d'autre de la moyenne. La fluctuation horaire moyenne est inférieure à 2 %, ce qui est de l'ordre des fluctuations probables puisque chaque moyenne horaire est établie sur quelques milliers de coïncidences. Il n'apparaît donc actuellement aucune variation diurne mesurable dans le nombre des grandes gerbes.

Les grandes gerbes prolongent sensiblement les directions de propagation des particules de haute énergie qui leur ont donné naissance, et ces particules elles-mêmes doivent être peu sensibles aux champs magnétiques terrestre et solaire. On peut donc conclure de nos expériences que les directions de propagation des rayons cosmiques, dans tout le spectre d'énergie, sont réparties isotropiquement dans l'espace loin des corps célestes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Cyclisation de l'acide benzylidènebenzylsuccinique.* Note [1] de MM. **Ernst Bergmann** et **A. Weizmann**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dufraisse et Houpillart [2] ont décrit la synthèse de la naphtacène-diaquinone-9.11 (I) en partant de l'acide dibenzylidènesuccinique. Comme nous l'avons indiqué [3], nous nous étions proposé de réaliser la même réaction avec l'acide dibenzylsuccinique; la dicétone ainsi obtenue devait être apte à subir la Grignardisation. L'acide benzylidènebenzylsuccinique (II) étant un stade intermédiaire dans cette synthèse, nous avons étudié sa cyclisation.



1° Si le produit brut de condensation (III) entre l'éther méthylique de l'acide benzylsuccinique et l'aldéhyde benzoïque ($C^{18}H^{16}O^{4}$) est distillé dans le vide, on obtient un corps $C^{18}H^{14}O^{3}$, qui distille entre 184 et 188° sous un vide de $0^{mm},02$ et cristallise dans un mélange de benzène et d'éther de pétrole sous forme de prismes incolores, point de fusion 65-68° (calculé pour $C^{18}H^{14}O^{3}$, C 77,8 %; H 5,0 %; trouvé C 77,0 %; H 5,1 %). Ce composé n'est pas l'anhydride d'un acide dicarboxylique, le titrage montrant la présence d'un groupement acide seulement. D'ailleurs, un des

---

(1) Séance du 25 septembre 1939.

(2) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 156.

(3) E. Bergmann, *Journ. Chem. Soc. London*, 1938, p. 1147.

anhydrides théoriquement possibles a été décrit par Cordier ([1]); il fond à 132°. Nous croyons que la distillation a causé une cyclisation unilatérale et que la nouvelle substance est l'acide benzyl-2-hydroxy-1-naphtalène-carboxylique-3 (III) ou un isomère.

2° L'acide benzyldènebenzylsuccinique, qu'on obtient par traitement du produit brut de la condensation à l'acide acétique glacial, subit une cyclisation bilatérale, si on le chauffe (1^g) avec l'acide sulfurique concentré (100^g) pendant une heure à 70°. Par dilution à l'eau glacée, on obtient un produit $C^{18}H^{12}O^2$, qui cristallise dans le xylène sous forme d'aiguilles rouge foncé, point de fusion 265°, et donne des chiffres analytiques qui sont d'accord avec la formule (IV) (calculé pour $C^{18}H^{12}O^2$, C 83,1 %; H 4,6 %; trouvé, C 83,0 %; H 4,4 %). La forte couleur de cette dicétone est un peu surprenante. Avec le phényllithium (10^{mol}), elle donne un nouveau composé, $C^{24}H^{16}O$, par addition de 1^{mol} du composé organométallique et perte de 1^{mol} d'eau. Ce corps cristallise dans l'acétate de butyle sous forme de courts prismes jaune citron, point de fusion 255°; à l'état liquide, la substance est rouge foncé [calculé pour $C^{24}H^{16}O$, C 90,0 %; H 5,0 %; poids moléculaire 320; trouvé, C 89,8 %; H 4,8 %; poids moléculaire 320 (méthode de Rast)]. Les propriétés sont d'accord avec la formule (V) d'un phényl-9-hydroxy-11-naphtacène. Évidemment le phényllithium réagit sur le groupement cétonique saturé, énolisant en même temps l'autre carbonyle et créant de cette manière une molécule complètement aromatique.

Ces recherches sont continuées.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Étude cristallographique du bromure double de cuivre et de potassium.* Note de M. **Alfred Silberstein**, présentée par M. Paul Lebeau.

Le bromure double de cuivre et de potassium $KCuBr^3$ s'obtient par évaporation sous vide d'une solution aqueuse concentrée d'un mélange de bromure de potassium et de bromure cuivrique, ce dernier étant en excès. Le corps obtenu cristallise sous forme de touffes d'aiguilles noires, brillant d'un vif éclat métallique. Ces aiguilles peuvent facilement atteindre une longueur de 5^{cm}, mais leur épaisseur ne dépasse pas 1^{mm}. Les cristaux

---

([1]) Cordier, *Annales de Chimie*, 10e série, 15, 1931, p. 228.

opaques n'ont pu être examinés au microscope polarisant. L'étude goniométrique est rendue difficile par l'absence de belles facettes et par la nécessité de travailler rapidement en soufflant de l'air sec sur les aiguilles, lesquelles hygroscopiques se liquéfient au contact de l'air. Les faces prismatiques des aiguilles forment les angles 65°, 115°, 65°, 115°.

Pour examiner un cristal aux rayons X il est nécessaire de le protéger contre l'humidité; pour cela nous l'avons couvert d'une couche de *styroflex* (polystérol). Une chambre photographique, construite spécialement pour l'étude de ces cristaux comportait une platine de Federoff permettant toutes les rotations du cristal, un dispositif particulier pour l'introduction des corps déshydratants et deux orifices en vue d'une circulation d'air sec.

Les diagrammes de Laue pris normalement à l'axe de l'allongement de l'aiguille montrent un plan de symétrie vertical (parallèle à l'allongement). Ce qui conduit à penser que ces cristaux cristallisent dans le système monoclinique. La période de translation le long de l'allongement est $a = 4{,}28\,\text{Å}$.

Plaçant ensuite l'aiguille horizontalement, nous avons fait des clichés d'un cristal tournant autour de l'axe b (axe binaire), perpendiculaire à l'axe a et au plan de symétrie. La période de translation est $b = 14{,}43\,\text{Å}$.

Nous avons ensuite recherché le troisième paramètre de la maille élémentaire, que nous savons être normal à l'axe b, mais sa direction fait avec l'axe a un angle β que nous ignorons. Pour trouver cet axe, des diagrammes de Weissenberg autour de l'axe a ont été utilisés, ce qui a permis l'identification des taches $(0kl)$ et $(1kl)$.

On trouve

$$c \sin\beta = 9{,}2196, \qquad \beta = 108°23' \pm 10', \qquad c = 9{,}71\,\text{Å}.$$

Une orientation convenable du cristal par la platine de Federoff a permis de vérifier ces valeurs et de les préciser, grâce aux taches $(h00)$.

Une autre preuve de l'exactitude de l'angle β est fournie par les mesures goniométriques.

L'angle aigu α du parallélogramme formé par la section normale à l'axe de l'allongement est égal à 65°.

On peut calculer $c' = c \sin\beta$ en fonction de α et de b,

$$c' = c \sin\beta = \tang \frac{\alpha}{2}\, b = 9{,}193,$$

et, en connaissant β,

$$c = \frac{c'}{\sin\beta} = 9{,}68\,\text{Å}.$$

Nous retrouvons ainsi les valeurs déjà citées.

Le bromure double de cuivre et de potassium cristallise dans le système monoclinique-holoédrique.

Le nombre N de molécules entrant dans la maille élémentaire est

$$\frac{abc \sin\beta D_m L}{M},$$

D_m, densité mesurée par la méthode de flottation étant 3,92.

On trouve $N = 3,944 \simeq 4$.

Nous avons ensuite recherché le groupe spatial par les lois d'extinction des taches. Les taches (hkl) sont généralement toutes observées. Les taches $(0k0)$, $(h00)$ et $(00l)$ apparaissent seulement pour $k = 2n$, $h = 2n$ et $l = 2n$.

Les taches $(h0l)$ sont relativement intenses si $(h+l) = 2n$, et très rares et faibles quand $(h+l) = 2n \pm 1$.

Nous proposons donc comme groupe spatial $C_{2h}^2 - P2_1/m$.

OCÉANOGRAPHIE. — *Essai d'une définition de la vase des estuaires.* Note (¹) de M. **Jacques Bourcart**, transmise par M. Charles Pérez.

Les études entreprises sur le régime de la sédimentation dans le bas cours des fleuves par un groupe de mes élèves, m'ont conduit à essayer de définir cette substance *très uniforme* qui se dépose dans la plupart des estuaires des fleuves atlantiques, de la mer du Nord au golfe de Guinée, et que l'on appelle communément *vase*, par opposition aux *limons* d'inondation des cours d'eau et aux *boues* océaniques. Il n'est, d'ailleurs, pas démontré que les dépôts de vase ne se fassent que dans les estuaires.

La vase est une substance dont la couleur va du gris au noir. Très visqueuse, elle est savonneuse au toucher bien que l'on puisse souvent, par cette simple opération, y discerner déjà une phase sableuse. Si l'on mélange, sans trop grande agitation, la vase avec de l'eau, le mélange, abandonné au repos, se sépare de l'excès de liquide et, au bout d'un certain temps, la vase déposée prend une viscosité qui reste assez stable.

La vase dégage toujours une odeur sulfhydrique plus ou moins prononcée. Abandonnée sous l'eau aérée, la partie supérieure (1 à 2^{mm}) devient, par oxydation, d'un jaune ocreux.

(¹) Séance du 18 septembre 1939.

Séchée, elle a l'aspect de l'argile et une couleur d'un gris plus clair.

Il est impossible de donner de ce *mixte* une définition granulométrique ou minéralogique.

En effet : 1° contrairement aux opinions anciennes, la partie minérale de la vase comprend très souvent une phase sableuse (grains de $0^{mm},1$ à $0^{mm},02$) et une phase pulvérulente ($< 0,02$) dont l'importance relative est variable, mais qui modifie peu les propriétés d'ensemble du mixte.

2° La nature de la phase pulvérulente surtout est très variable : essentiellement calcaire dans la Seine et dans l'Orne, elle est presque exclusivement quartzeuse dans les rivières bretonnes; les *minéraux de l'argile* y jouent un rôle accessoire.

La fraction minérale ne constitue au *maximum* que 70 % de la vase; le reste du mixte est formé d'une substance très finement granulaire qui, à l'exception d'un peu de fer, est entièrement organique. Liés à cette substance, on trouve dans la partie supérieure de l'estuaire des fragments végétaux, souvent réduits à la cutine et où, en tout cas, la cellulose n'est plus reconnaissable, des spores et des grains de pollen. L'étude des vases ou des produits de lavage du maërl vaseux, débris de coquille ou cailloutis, sables vaseux de l'estuaire de la Penzé, m'a montré que cette fraction organique était essentiellement constituée par des débris d'algues, rouges, brunes ou vertes, finement triturées et d'autant moins reconnaissables que l'on va du large vers l'amont. Dans les mêmes conditions, ce produit organique auquel je donnerai le nom d'*algon*, passe du vert pâle au gris brunâtre en lame mince. Conservé, en laboratoire, dans l'eau confinée, l'algon subit aussi cette modification qui s'accompagne de dégagement de H^2S. Une très riche flore bactériologique, surtout de grands Spirilles, se développe alors.

Dans toute l'étendue de l'estuaire, jusqu'à l'extrême limite des marées et bien au delà de la pénétration des eaux salées, la vase comporte toujours, en très grande quantité, des spicules d'Éponges siliceuses (notamment de Tétractinellides), des valves de Diatomées marines ou fluviales, des Coccolites, enfin des coquilles de Foraminifères très variées. Ces fragments sont absolument caractéristiques de *toutes* les vases de l'Atlantique. Les pêches au filet à plankton, dans la partie supérieure des estuaires, permettent de les récolter, notamment dans l'écume. Il faut y ajouter, pour la Penzé, un plankton vivant, surtout composé de grands Flagellés. A l'inverse de celui de la rade, il se maintient longtemps vivant au laboratoire.

La partie toute supérieure des vasières est aussi très riche en vie : Diatomées, Cyanophycées, Thiobactéries, puis : Infusoires, larves d'Annélides très variées. Ces derniers organismes vivent encore dans la vase à une profondeur de quelques centimètres.

Il nous semble résulter de ces observations :

1° que la vase des estuaires doit être définie comme le résultat de l'agglomération d'une substance inerte, sableuse et pulvérulente, d'importance variable, par un *liant* d'origine organique;

2° qu'une grande partie de ce liant est constituée par un produit visqueux provenant de la destruction des prairies d'algues, l'*algon*, qui, surtout dans les parties amont, s'associe avec une matière analogue provenant de la décomposition des fragments de végétaux continentaux flottés par la rivière. La matière organique est toujours liée avec un peu de fer. C'est elle qui donne à la vase ses propriétés essentielles, notamment sa viscosité et sa cohésion. Sa nature chimique et son mode d'évolution restent à déterminer.

HYDROGÉOLOGIE. — *Le problème de l'eau dans le Tanezrouft.* Note de M. **Nicolas Menchikoff**, présentée par M. Charles Jacob.

La grande piste automobile de Colomb-Béchar à Gao, qui est la voie transsaharienne la plus directe, la plus facile et la mieux entretenue, traverse, au Sud de Reggane, sur plusieurs centaines de kilomètres, l'une des régions les plus désolées de la Terre, le Tanezrouft.

A mi-chemin entre Reggane et Tabankort, à plus de 500^{km} de chacune des oasis, se trouve la station bien connue de Bidon 5 avec un superbe phare d'aviation et des distributeurs d'essence, mais sans eau.

Les cartes portent en plein milieu du Tanezrouft d'assez nombreux points d'eau, tels que Azenazal, Aïn, Cheikh, les trois Amranane et bien d'autres, mais ce sont tous des puits d'oueds ne donnant qu'après les pluies; comme ces dernières sont ici d'une extrême rareté, ces puits restent secs pendant des années entières et, de ce fait, sont sans intérêt pratique.

Peut-on mieux faire?

Pour étudier cette question et sur la demande du commandant du Territoire d'Aïn Sefra, j'ai pris part aux reconnaissances du *peloton*

motorisé du Tanezrouft, au cours desquelles j'ai pu établir les grandes lignes de la structure géologique, d'ailleurs très simple, du Tanezrouft.

Dans l'ensemble il s'agit d'une immense cuvette synclinale, allongée NNE-SSO, à flancs très faiblement inclinés, et affectée de quelques ondulations secondaires. La succession y est, de bas en haut, la suivante :

1° *Soubassement cristallin,* affleurant très largement à l'Est du Tanezrouft et essentiellement formé de roches métamorphiques (gneiss, micaschistes, amphibolites, quartzites) avec intrusions granitiques, massifs de rhyolites, roches filoniennes et filons de quartz.

2° *Grès continentaux albiens,* qui forment une bordure de largeur variable, pouvant atteindre plusieurs dizaines de kilomètres. C'est l'équivalent des grès albiens (Continental intercalaire de C. Kilian) du Tademaït; ce sont des grès généralement tendres, plus ou moins grossiers, avec niveaux de galets de quartz et à stratification entrecroisée fréquente. La puissance, très variable, peut atteindre localement quelques centaines de mètres (Aït Nafane).

3° *Marnes lagunaires* (*cénomano-turoniennes?*), qui affleurent sur d'immenses surfaces dans la partie centrale du Tanezrouft. Généralement verdâtres, gypsifères, salées et pyriteuses, elles s'épaississent vers le Sud et s'y chargent davantage en gypse.

4° *Couches marines sénoniennes et éocènes,* en lambeaux souvent importants dans la partie centrale du Tanezrouft. Ce sont des marnes blanches avec des bancs calcaires; les niveaux fossilifères (principalement à Huîtres) y sont fréquents (1).

Au point de vue hydrogéologique, on peut s'en tenir aux trois termes suivants : 1° le soubassement cristallin imperméable; 2° le niveau gréseux perméable; 3° la couverture marneuse imperméable. Cet ensemble réalise les conditions idéales pour l'existence d'une nappe aquifère, pourvu toutefois que le niveau perméable médian soit suffisamment alimenté.

Bien que les grès du Tanezrouft soient, dans la région de Reggane, en continuité avec les grès aquifères du même âge du Tademaït, je ne pense pas que les eaux du Tademaït puissent passer dans le Tanezrouft; les deux régions sont en effet séparées par un léger mouvement anticlinal. Le niveau gréseux du Tanezrouft doit être principalement alimenté par les oueds qui viennent de l'Est, des montagnes du Mouidir, de l'Ahenet, du Hoggar et de l'Adrar des Iforas. Nous n'avons pas encore de données précises sur cet immense bassin d'alimentation, dont la superficie se mesure par milliers de kilomètres carrés; mais on sait que tous les ans plusieurs oueds y sont en crue plus ou moins forte. L'eau ne franchit pas l'auréole gréseuse et peut-être s'achemine-t-elle souterrainement vers le

(1) R. Furon et N. Menchikoff, *C. R. som. Soc. géol. Fr.*, 1935, p. 102.

centre de la cuvette où elle serait protégée par la couverture marneuse imperméable. Même avec des apports d'eau actuellement insuffisants, on peut se demander si, sous cette couverture marneuse, il n'y aurait pas d'importantes réserves fossiles, emmagasinées depuis les périodes précédentes, qu'on sait avoir été moins désertiques ([2]).

En résumé, malgré l'insuffisance de nos connaissances géologiques, topographiques et surtout météorologiques, on peut envisager l'existence dans le Tanezrouft, à une profondeur accessible par les sondages, d'une nappe aquifère qu'il y aurait grand intérêt à prospecter.

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Nouvelle application de la colorimétrie cinétique à l'étude et au dosage des vitamines et provitamines* D. Note ([1]) de MM. **Yves Raoul** et **Paul Meunier**, présentée par M. Maurice Javillier.

En 1936, Brockmann et Yung Hwang Chen ([2]) ont signalé la possibilité d'un dosage colorimétrique de la vitamine D, fondé sur la coloration jaune (bande d'absorption à $500^{m\mu}$) que fournit avec ce corps la solution concentrée de $SbCl^3$ dans le chloroforme (réactif de Carr et Price). Mais, ainsi que les auteurs le notaient eux-mêmes, ce dosage est troublé par la vitamine A, qui donne une coloration bleue dont le spectre est très étalé, et par d'autres stérols qui se colorent en rose dans les mêmes conditions. Les mêmes critiques, développées par Robinson et Young ([3]), montrent bien que la méthode proposée n'est utilisable que pour les solutions simples de calciférol.

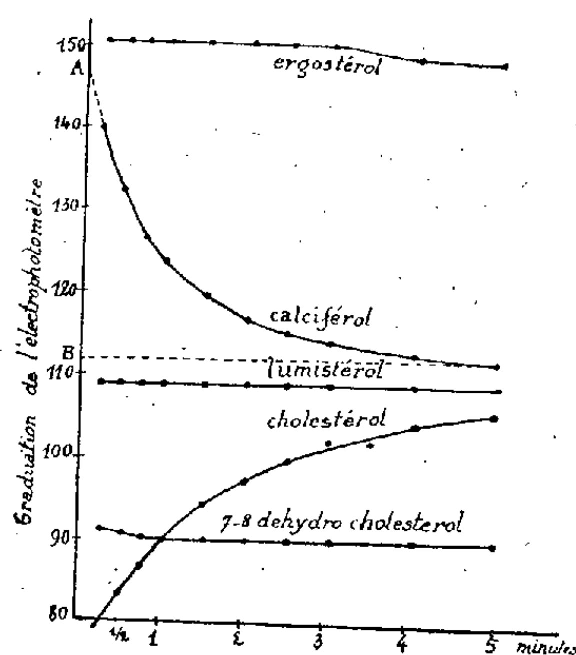
Nous nous sommes demandé si, comme dans certains cas analogues ([4]), l'étude cinétique de la réaction ne pourrait pas permettre de distinguer la vitamine D de sa provitamine et d'autres stérols. En utilisant la solution de $SbCl^3$ additionnée d'une petite quantité d'anhydride acétique (réactif que nous utilisons pour la vitamine A) nous avons constaté que la réaction atteint son maximum d'intensité (absorption mesurée dans la région λ 400 à $450^{m\mu}$) au bout de 45 à 60 secondes avec le calciférol; au bout de 7

([2]) L. Joleaud et N. Menchikoff, *C. R. som. Soc. géol. Fr.*, 1934, p. 213.

([1]) Séance du 18 septembre 1939.
([2]) *Z. f. Physiol. Chem.*, 241, 1936, p. 129.
([3]) *Chem. and Ind.*, 55, 1936, p. 835.
([4]) P. Meunier et Y. Raoul, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1148.

à 8 minutes avec l'ergostérol et le lumistérol; au bout d'un temps plus long encore avec le cholestérol. Mais ces résultats, quoique nets, ne peuvent entraîner de conclusion sûre lorsqu'on opère sur des mélanges. Enfin la vitamine A demeure toujours très gênante.

Nous avons donc modifié notre réactif. Nous nous sommes basés sur la comparaison du réactif de Carr et Price, utilisé pour le dosage de la vitamine A, et du réactif de Liebermann (anhydride acétique et acide sulfurique en solution chloroformique) utilisé pour le dosage des stérols. Ce dernier donne avec la vitamine A une coloration analogue à celle que donne le réactif de Carr et Price, mais encore plus fugace; avec les stérols on obtient des colorations vertes apparaissant après un stade rosé de courte durée. Le réactif de Liebermann seul ne nous fournissant pas les différenciations recherchées, nous nous sommes arrêtés à un mélange des deux réactifs ([5]). Nous avons finalement adopté le réactif suivant : solution



chloroformique saturée de chlorure d'antimoine 30^{cm^3}; anhydride acétique 3^{cm^3}; acide sulfurique concentré 5 gouttes. Dans la cuve d'observation de l'électrophotomètre ([6]), $3^{cm^3},5$ du réactif précédent *fraîchement préparé* sont mélangés à $0^{cm^3},5$ de solution chloroformique du produit (renfermant 50^{γ} de stérol) et, après agitation, l'absorption lumineuse est mesurée avec l'écran bleu de l'appareil de 30 en 30 secondes. L'observation poursuivie 4 à 5 minutes permet de constater les faits représentés sur le graphique. Avec un stérol à une double liaison, comme le cholestérol, la

---

([5]) Il nous est clairement apparu que toutes ces réactions colorées doivent avoir le même mécanisme.

([6]) P. Meunier, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **19**, 1937, p. 113.

réaction se développe lentement. Avec des composés à deux doubles liaisons conjuguées dans le cycle B, comme le lumistérol, l'ergostérol (provitamine D_2) et le 7-8-déhydrocholestérol (provitamine D_3), la réaction atteint d'emblée une certaine intensité qui se maintient à une valeur constante. Avec des composés à trois doubles liaisons conjuguées, comme les vitamines D_2 et D_3, la coloration, très intense dès le début, diminue rapidement pour se fixer à un certain niveau.

On voit que l'étude cinétique de la réaction permet, pour ainsi dire, de compter le nombre de doubles liaisons du cycle B *d'un stérol* (7).

Les applications pratiques de cette réaction ne paraissent pas moins importantes. Il est possible de fonder sur celle-ci une méthode de dosage chimique de la vitamine D dans des milieux tels que les insaponifiables de foie de poissons. En effet il y a une relation linéaire entre la hauteur de chute de la courbe cinétique (mesurée par AB sur la courbe du calciférol par exemple) et la quantité de vitamine en expérience. D'autre part, il est possible d'éliminer la plus grande partie des stérols gênants, à configuration *trans*, précipitables par le digitonoside (8).

En résumé, la méthode proposée permet, d'une part, d'étudier le système des liaisons éthyléniques des stérols, et, d'autre part, de doser ceux de ces composés ayant une action antirachitique.

La séance est levée à 15h30m.

A. Lx.

(7) Nous nous proposons d'étudier le cas longtemps controversé du tachystérol, mais les circonstances ne nous ont pas permis de nous procurer ce corps.

(8) A. Windaus, *Ber. d. chem. Ges.*, 12, 1909, p. 238.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 9 OCTOBRE 1939.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE BÉHAL.

ELECTIONS.

Par l'unanimité de 25 suffrages, MM. **R. Bourgeois**, pour la Division des Sciences mathématiques; **L. Bouvier**, pour la Division des Sciences physiques; **M. de Broglie**, pour la Section des Académiciens libres, sont réélus Membres du *Conseil Loutreuil*.

CORRESPONDANCE.

M. **Antoine Lasserre** adresse un Rapport relatif à l'emploi qu'il a fait de la subvention accordée sur la *Fondation Loutreuil* en 1938.

ÉLASTICITÉ. — *Sur les forces élastiques autour d'une galerie horizontale de section circulaire.* Note de M. **Pierre Despujols**, transmise par M. Ernest Esclangon.

Nous nous proposons de calculer les forces élastiques qui naissent dans le sol lorsqu'on y creuse une galerie rectiligne, horizontale et de section circulaire. Si la galerie est profonde, le poids des terrains voisins est négligeable par rapport au poids des terrains supérieurs; nous supposons donc le milieu illimité, non pesant et soumis, dans un plan horizontal très éloigné, à une pression verticale uniforme p; nous supposons aussi que le milieu est homogène et isotrope.

Il est facile de montrer que le problème se ramène à un problème à deux dimensions. Prenons l'axe des x horizontal, l'axe des y vertical et dirigé vers le haut. Soient u et v les déplacements, λ et μ les paramètres de Lamé.

Les équations indéfinies sont

$$(1)\quad \left\{ \begin{aligned} &(\lambda+2\mu)\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+(\lambda+\mu)\frac{\partial^2 v}{\partial x\,\partial y}+\mu\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}=0,\\ &(\lambda+2\mu)\frac{\partial^2 v}{\partial y^2}+(\lambda+\mu)\frac{\partial^2 u}{\partial x\,\partial y}+\mu\frac{\partial^2 v}{\partial x^2}=0. \end{aligned} \right.$$

On obtient des solutions particulières de ces équations en les remplaçant par les équations

$$(2)\quad \frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}=0,\qquad \frac{\partial v}{\partial x}-\frac{\partial u}{\partial y}=0.$$

Pour trouver une solution des équations (2) il suffit de remarquer qu'en cas de pression centrale et uniforme les déplacements sont dirigés suivant le rayon. On obtient immédiatement

$$u=\frac{x}{r^2},\qquad v=\frac{y}{r^2}.$$

D'autre part, la règle de l'indépendance de l'ordre des dérivations successives montre que, si u et v satisfont aux équations indéfinies, leurs dérivées y satisfont également. On a donc les solutions

$$(3)\quad \left\{ \begin{aligned} &u=\frac{1}{r^2}-\frac{2x^2}{r^4}, &&u=\frac{3x}{r^4}-\frac{4x^3}{r^6},\\ &v=-2\frac{xy}{r^2}, &&v=\frac{y}{r^4}-\frac{4x^2y}{r^6}. \end{aligned} \right.$$

Pour obtenir des solutions plus générales des équations indéfinies, nous les écrirons sous la forme

$$\begin{aligned} &\frac{\partial}{\partial x}\left[(\lambda+2\mu)\left(\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}\right)\right]+\frac{\partial}{\partial y}\left[\mu\left(\frac{\partial u}{\partial y}-\frac{\partial v}{\partial x}\right)\right]=0,\\ &\frac{\partial}{\partial y}\left[(\lambda+2\mu)\left(\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}\right)\right]+\frac{\partial}{\partial x}\left[\mu\left(\frac{\partial u}{\partial y}-\frac{\partial v}{\partial x}\right)\right]=0, \end{aligned}$$

ou

$$(4)\quad \frac{\partial P}{\partial x}+\frac{\partial Q}{\partial y}=0,\qquad \frac{\partial P}{\partial y}-\frac{\partial Q}{\partial x}=0,$$

en posant

$$(\lambda+2\mu)\left(\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}\right)=P,\qquad \mu\left(\frac{\partial u}{\partial y}-\frac{\partial v}{\partial x}\right)=Q.$$

Cet artifice, joint à des considérations de symétrie, nous conduit à

chercher la résolution du système suivant, dérivé des expressions (3),

$$(5)\qquad P = l^2\left(\frac{1}{r^2} - \frac{2x^2}{r^4}\right) + C, \qquad Q = -\frac{2\mu}{\lambda + 2\mu}\frac{xy}{r^4},$$

P et Q devant satisfaire aux équations (4).

Une solution particulière du système (5) est donnée par

$$U = l^2\frac{\lambda+\mu}{\mu}\frac{x^3}{r^4} + Cx,$$

$$V = -l^2\frac{y}{r^2} + l^2\frac{\lambda+\mu}{\mu}\frac{x^2y}{r^4},$$

et nous aurons d'autres solutions en ajoutant à U et V des solutions de l'équation (2). Or nous en connaissons trois, à savoir

$$u_1 = x, \qquad u_2 = \frac{x}{r^2}, \qquad u_3 = \frac{3x}{r^4} - \frac{4x^3}{r^6};$$

$$v_1 = -y, \qquad v_2 = \frac{y}{r^2}, \qquad v_3 = \frac{y}{r^4} - \frac{4x^2y}{r^6}.$$

Il suffit, par conséquent, de chercher si la solution à cinq constantes

$$u = U + c_1u_1 + c_2u_2 + c_3u_3,$$

$$v = V + c_1v_1 + c_2v_2 + c_3v_3,$$

peut satisfaire aux conditions aux limites. On exprime ces dernières en écrivant que les forces extérieures sont nulles sur la circonférence de la section et se réduisent à la pression $\pm p$ lorsque y est infini. Le problème est soluble et l'on trouve

$$l^2 = -\frac{pR^2}{\lambda+\mu}, \qquad C = \frac{p}{2(\lambda+\mu)};$$

$$c_1 = -\frac{(\lambda+2\mu)p}{4\mu(\lambda+\mu)}, \qquad c_2 = \frac{(3\lambda+\mu)pR^2}{4\mu(\lambda+\mu)}, \qquad c_3 = -\frac{pR^4}{4\mu},$$

R étant le rayon de la section.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur la propagation des groupes d'ondes et les relations entre la mécanique classique et la mécanique ondulatoire.* Note [1] de M. **Gabriel Badarau**, présentée par M. Louis de Broglie.

On sait [2] qu'un corpuscule est représenté dans la conception ondulatoire par un ensemble d'ondes de fréquences très voisines, contenues dans un domaine dont les dimensions, très petites à notre échelle, sont cepen-

[1] Séance du 2 octobre 1939.

[2] Voir par exemple L. de Broglie, *Introduction à la Mécanique ondulatoire*, Chap. II, § 4.

dant suffisamment grandes vis-à-vis de la longueur d'onde associée. Ceci est en accord avec le *principe d'incertitude* de Heisenberg et conduit quant au mouvement d'ensemble de ces ondes *en l'absence d'un champ* aux résultats de la mécanique classique.

La liaison entre la mécanique classique et la mécanique ondulatoire n'est pas facile à mettre en évidence en suivant cette voie dès qu'il s'agit de faire intervenir un champ. Le groupe d'ondes subit alors des modifications continues qui compliquent ainsi les considérations ayant trait spécialement à certains caractères d'invariance de quelques-unes des grandeurs attachées à la notion de groupe. Cependant, si la considération des seules transformations subies par le groupe d'ondes initial peut conduire à retrouver dans leur plus grande généralité les lois de la mécanique classique, ceci pourrait fournir une preuve de plus de l'étroite liaison existant entre les deux formalismes sous lesquels s'exprime la réalité physique : à savoir les théories ondulatoires et corpusculaires. Ehrenfest [3] a touché le problème en utilisant surtout l'aspect corpusculaire. En effet ses développements mathématiques, malgré leur forme, se réfèrent à l'intensité des ondes associées et non pas aux ondes elles-mêmes, ce qui, à cause de la relation étroite existant entre ces intensités et l'idée de corpuscule, nous ramène à l'aspect corpusculaire.

Dans ce qui suit, nous tentons par contre d'arriver à la notion de courbure de la trajectoire et aux lois de la mécanique classique uniquement par la voie des conceptions ondulatoires, pour montrer ainsi plus clairement la relation entre la notion d'onde et celle de corpuscule.

La théorie des perturbations, sous la forme donnée par Dirac, permet de construire la solution de l'équation des ondes, dans le cas d'une perturbation faible, à partir des fonctions propres du champ non perturbé, les coefficients du développement en série étant des fonctions du temps. Aussi il est facile de voir que, pour un champ faible, *on peut développer la solution $\Psi(x, y, z, t)$ de l'équation de Schrödinger avec champ, d'après le système complet des fonctions propres de la même équation, en l'absence du champ*. De même, s'il s'agit d'un spectre continu, on peut admettre avec certaines restrictions que le train d'ondes se réduit à un groupe d'ondes (au sens de L. de Broglie), et par suite que la solution $\Psi(x, y, z, t)$ a la forme

$$(1) \qquad \Psi(x, y, z, t) = \int_d d\alpha\, d\beta\, d\varepsilon\, c(\alpha, \beta, \varepsilon, t) \times \exp. \frac{2\pi i}{h}\left\{(E_0 + \varepsilon)t - \sqrt{2m(E_0 + \varepsilon)}\,(\alpha x + \beta y + z)\right\},$$

(3) Même Ouvrage, Chap. IX, § 3.

où ε est la variation d'énergie autour d'une énergie *centrale* E_0 et α et β des cosinus directeurs très petits et variant dans un domaine d

$$(\eta_\alpha, \eta_\beta \to -\eta_\alpha, -\eta_\beta;\ \eta_\alpha, \eta_\beta \ll 1).$$

Il s'ensuit que le troisième cosinus directeur γ est très voisin de l'unité. Ces conditions étant remplies, (1) prend la forme

$$(2)\qquad \Psi(x, y, z, t) = \exp.\frac{2\pi i}{h}\left[E_0 t - \sqrt{2mE_0}\,z\right]\int_d d\alpha\, d\beta\, d\varepsilon\, c(\alpha, \beta, \varepsilon, t)$$
$$\times \exp.\frac{2\pi i}{h}\left[\varepsilon\left(t - \sqrt{\frac{m}{2E_0}}\,z\right) - \sqrt{2mE_0}(\alpha x + \beta y)\right],$$

c'est-à-dire d'une onde qui *se déplace dans la direction* z avec la vitesse de phase $E_0/\sqrt{2mE_0}$ et l'amplitude

$$(3)\qquad A(x, y, z, t) = \int_d d\alpha\, d\beta\, d\varepsilon\, c(\alpha, \beta, \varepsilon, t)$$
$$\times \exp.\frac{2\pi i}{h}\left[\varepsilon\left(t - \sqrt{\frac{m}{2E_0}}\,z\right) - \sqrt{2mE_0}(\alpha x + \beta y)\right].$$

En l'absence du champ ($\partial c/\partial t = 0$), l'amplitude ne dépend du temps que par le facteur $\exp.(2\pi i/h)\varepsilon\left[t - \sqrt{(m/2E_0)}\,z\right]$, lequel reste constant pour un déplacement dz, tel que

$$(4)\qquad dt = \sqrt{\frac{m}{2E_0}}\,dz, \qquad v_c = v_{\text{groupe}} = \frac{dz}{dt} = \sqrt{\frac{2E_0}{m}}.$$

Ceci définit ce qu'on appelle la *vitesse de groupe en l'absence d'un champ*, laquelle, comme on voit, est dirigée dans la direction z (à tenir compte du choix du groupe) et égale à celle du corpuscule.

En considérant la constance de *l'amplitude de groupe* pour un observateur lié au corpuscule comme un fait essentiel caractérisant la vitesse de groupe, la définition de cette grandeur *en présence d'un champ* en découle facilement. En effet il suffit de chercher les déplacements dx, dy, dz, dt dans l'espace-temps, tels que

$$(5)\qquad dA = \frac{\partial A}{\partial t}dt + \frac{\partial A}{\partial x}dx + \frac{\partial A}{\partial y}dy + \frac{\partial A}{\partial t}dz.$$

Si maintenant on considère un groupe d'ondes qui passe d'une région de champ constant en une région de champ variable, tout en admettant que les variations sont infiniment petites, et si, à l'origine, le groupe se propageait dans la direction de z avec une vitesse définie par (4), la pénétration dans la région de champ variable sera marquée par l'apparition des composantes de la vitesse dans la direction y, donc par une courbure de la

trajectoire. Ces deux composantes sont

$$(6) \qquad v_x = \frac{a_2 b_3 - a_3 b_2}{a_1 b_2 - a_2 b_1} \quad \text{et} \quad v_y = \frac{a_3 b_1 - a_1 b_3}{a_1 b_2 - a_2 b_1},$$

où a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, b_3 sont données par les relations

$$a_1 + ib_1 = \int_d \alpha \mathrm{I}\, d\alpha\, d\beta\, d\varepsilon; \qquad a_2 + ib_2 = \int_d \beta \mathrm{I}\, d\alpha\, d\beta\, d\varepsilon;$$

$$a_3 + ib_3 = \frac{h}{2\pi i\sqrt{2m\mathrm{E}_0}} \int \frac{\mathrm{I}}{c} \frac{\partial c}{\partial t} d\alpha\, d\beta\, d\varepsilon$$

ou

$$\mathrm{I} = c(\varepsilon, \beta, \alpha, t) \exp \frac{2\pi i}{h} \left[\left(t - \sqrt{\frac{m}{2\mathrm{E}_0}} z \right) \varepsilon - \sqrt{2m\mathrm{E}_0}(\alpha x + \beta y) \right].$$

Il en résulte que l'action du champ s'exprimant par la variation des constantes c du développement en série, entraîne un changement continu dans la composition du groupe pendant son mouvement, fait qui à lui seul est suffisant pour mettre en évidence la courbure de la trajectoire.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Oscillations radioélectriques par triode à grille isolée.* Note (¹) de MM. **R. Fortrat** et **A. Caravel**, transmise par M. Pierre Weiss.

Il semble que l'on ne se soit jamais préoccupé beaucoup du fonctionnement des triodes à grille isolée, bien qu'elles puissent figurer dans certains montages. Les caractéristiques représentant les variations du courant plaque avec la tension plaque présentent des caractères intéressants que nous allons décrire dans le cas de la triode E4M de la Compagnie des Lampes; mais nous avons vérifié que les particularités importantes se retrouvaient dans le fonctionnement d'autres triodes. Rappelons que la triode E4M a une cathode à chauffage direct, dont le régime normal de chauffage, auquel nous nous sommes tenus, est de 2,45 ampères sous 5,8 volts entre les extrémités du filament.

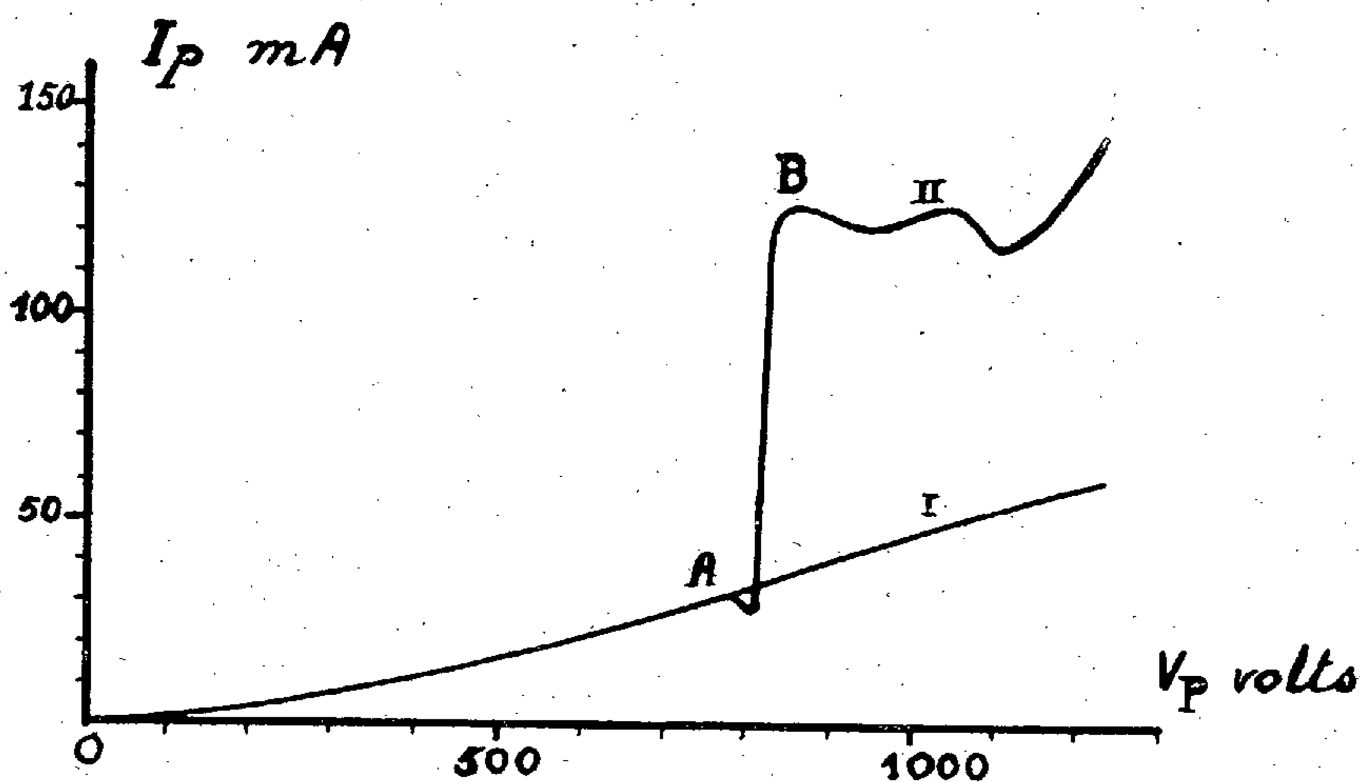
Lorsqu'on augmente la tension plaque, la caractéristique $\mathrm{I}_p - \mathrm{V}_p$ se confond d'abord avec la caractéristique tracée dans des conditions analogues avec la seule différence que la grille est reliée à l'extrémité négative de la cathode. Cette identité se maintient jusqu'à une tension plaque de 775 volts, au delà de laquelle la caractéristique à grille isolée se sépare

[1] Séance du 25 septembre 1939.

brusquement de la première : le courant plaque prend une valeur voisine du courant de saturation (150 mA), mais avec des variations qui apparaissent dans la figure représentant les deux caractéristiques :

I est la caractéristique à grille de polarisation nulle,

II est la caractéristique à grille isolée.



La caractéristique II a été tracée en faisant varier progressivement la tension plaque; mais si l'on établit le potentiel de plaque brusquement à des valeurs voisines de 775 volts, on trouve que le courant prend tantôt la valeur inférieure (30 mA), tantôt la valeur supérieure (125 mA), et l'une ou l'autre, sans aucune espèce de régularité. Le plus grand de ces courants fait rougir la grille et la plaque, le plus faible les laisse obscures.

On a bien l'impression que les deux branches OA et BC sont les manifestations de deux régimes différents. Nous avons pu les mettre en évidence en insérant quelques spires dans le circuit plaque; elles ne changent rien aux caractéristiques et permettent d'opérer une induction sur un circuit très simple composé d'une boucle en série avec un couple thermoélectrique. On constate ainsi, d'une façon certaine, que le régime OA est un régime à courant continu tandis que le régime BC est un régime à courant oscillant.

Or aucune partie du circuit ne peut introduire une périodicité, pas même la grille dont les spires hélicoïdales sont court-circuitées par un fil conducteur suivant une génératrice du cylindre. Ces oscillations sont donc très probablement des oscillations de relaxation, et nous nous attendions à ce qu'il fût difficile de mesurer leur période par une méthode de résonance.

Nous avons néanmoins essayé de le faire à l'aide de fils de Lecher, car elles étaient trop rapides pour l'oscillographe à rayons cathodiques dont nous disposons. En effet, la résonance était peu marquée et définissait fort mal la position optimum du pont. Nous pouvons seulement dire que la fréquence était de l'ordre de grandeur de 250 mégacycles.

Par contre, ce phénomène constitue un moyen commode d'entretien des oscillations harmoniques dans des circuits qui leur imposent leur période propre.

Le nom que nous avons donné à ces oscillations dans le titre pourrait donner lieu à confusion et faire penser que la grille doit être soigneusement isolée comme le besoin s'en fait sentir dans certaines applications des triodes. Il n'en est rien, et il serait peut-être préférable, en adoptant une dénomination usuelle en radiotechnique, de les appeler *oscillations par grille en l'air*.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la cinétique de décomposition des austénites dans la région supérieure du domaine intermédiaire.* Note (1) de MM. **Henri Jolivet** et **Albert Portevin**.

Nous avons indiqué (2) que les aciers faiblement alliés de composition eutectoïde, amenés à l'état austénitique instable, donnaient lieu, dans la région supérieure du domaine intermédiaire (Ar'') à la séparation d'une phase qui présente les caractères de la ferrite. Une précipitation de cémentite s'observe sur les bords ou dans la masse de cette ferrite, qui conduit à la formation d'un agrégat ferrite-cémentite.

La séparation de cette phase, de composition nettement différente de l'austénite mère, provoque, dans les aciers eutectoïdes, une variation importante des concentrations de l'austénite résiduelle en certains de ses éléments (C, Cr, Mo, ...).

Cette variation des concentrations peut se traduire d'une manière indirecte par les modifications qu'elle entraîne dans la cinétique de décomposition de la fraction résiduelle aux diverses températures.

Nous avons montré (3) qu'au cours de la décomposition fractionnée d'une austénite en condition isotherme à différentes températures, la

(1) Séance du 18 septembre 1939.

(2) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 1412.

(3) *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 379.

cinétique de décomposition de chaque fraction tend, après une période initiale de courte durée, à s'identifier successivement avec les fractions correspondantes de la cinétique de décomposition totale à ces mêmes températures.

Cette observation comporte des exceptions. Elle n'est, en effet, valable qu'autant que la décomposition n'entraîne pas de variations importantes de concentration de la fraction résiduelle.

Lorsque cette condition n'est pas réalisée, la cinétique de transformation de ce résidu se trouve modifiée par un séjour préliminaire dans la zone où de telles variations se produisent.

C'est ainsi que, dans certains cas, on peut observer, au cours de la décomposition, dans la région supérieure du domaine intermédiaire et à la température où elle se poursuit, un ralentissement de la vitesse de transformation tel qu'après des séjours de très longue durée la décomposition demeure limitée, bien qu'elle ne progresse plus avec une vitesse notable; après des séjours préliminaires de durée croissante dans cette région, une variation (ralentissement ou accélération) de plus en plus marquée de la vitesse de transformation du résidu à des températures de séjour supérieures ou inférieures à la précédente.

La décomposition, au refroidissement ultérieur, du résidu non transformé s'effectue ainsi à des températures et avec une importance qui varient avec les conditions de la décomposition préalable.

A titre d'exemple : Pour un acier de composition chimique (C $0{,}7_5$; Mn 0,7 ; Cr 1 ; Mo 0,6) la transformation de l'austénite demeure incomplète après des séjours de

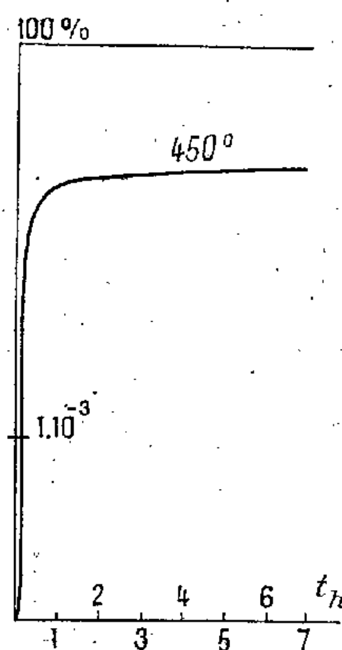


Fig. 1.

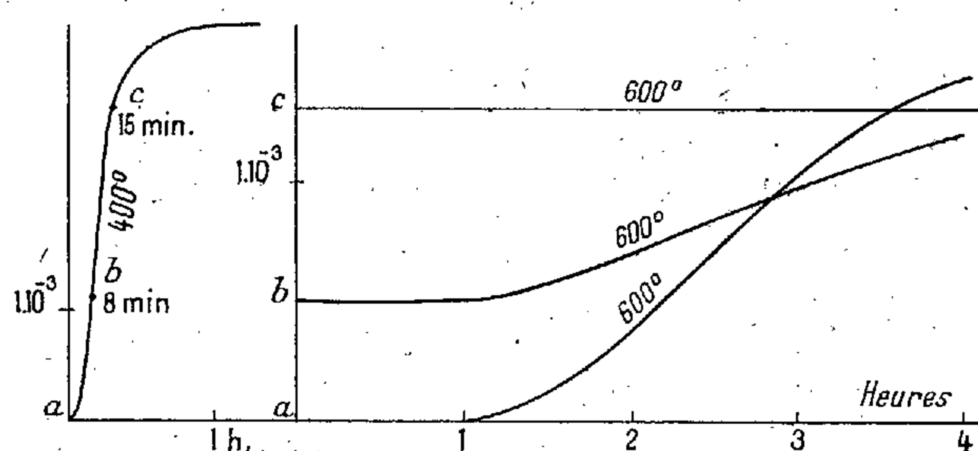


Fig. 2.

plus de 50 heures à 475 et 450° alors qu'elle est totale après 10 minutes à 400° (*fig.* 1). Pour un acier de composition chimique (C $0{,}6_5$; Ni $2{,}7_5$; Cr $0{,}7_5$; Mo 0,6), la trans-

formation perlitique de la fraction résiduelle à 600 ou 625° est notablement ralentie après un séjour préalable de 8 minutes à 400° et supprimée pendant 4 heures après un séjour de 15 minutes à cette même température (*fig.* 2).

Les modifications ainsi observées sont essentiellement fonction de la composition chimique de l'acier étudié. Elles peuvent, comme dans l'exemple cité, se traduire par un ralentissement de la transformation du résidu dans le domaine supérieur. On peut, au contraire, observer dans d'autres cas une accélération de cette transformation.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la vitesse de détonation des mélanges d'explosifs solides avec des liquides non explosifs.* Note [1] de MM. **Thadée Urbanski** et **Thadée Galas**, présentée par M. Émile Jouguet.

L'examen détaillé des courbes *vitesse de détonation-quantité de liquide* [2] a montré une allure remarquable : I, II ou III.

Les courbes I sont obtenues principalement avec des liquides qui ne dissolvent pas d'explosif;

Les courbes II, avec des liquides qui possèdent le caractère d'un dissolvant de l'explosif.

Quelquefois on obtient aussi des courbes III, qui ont allure intermédiaire. Elles correspondent surtout aux explosifs qui ont une très grande aptitude à détoner, comme par exemple la penthrite.

Chaque série d'essais avec des quantités variables d'un liquide a été faite pour une densité de chargement constante. La présence des liquides dans l'explosif diminue évidemment la densité réelle de l'explosif.

Par l'expérience directe on trouve la vitesse de détonation V_0 à la densité Δ correspondant à la densité réelle Δ_r de l'explosif lui-même. Connaissant la vitesse de détonation V_s de l'explosif pur à la densité Δ_r, nous pouvons trouver la différence $V_0 - V_s$, et par suite l'influence du remplacement partiel ou total de l'air contenu dans l'explosif par des liquides.

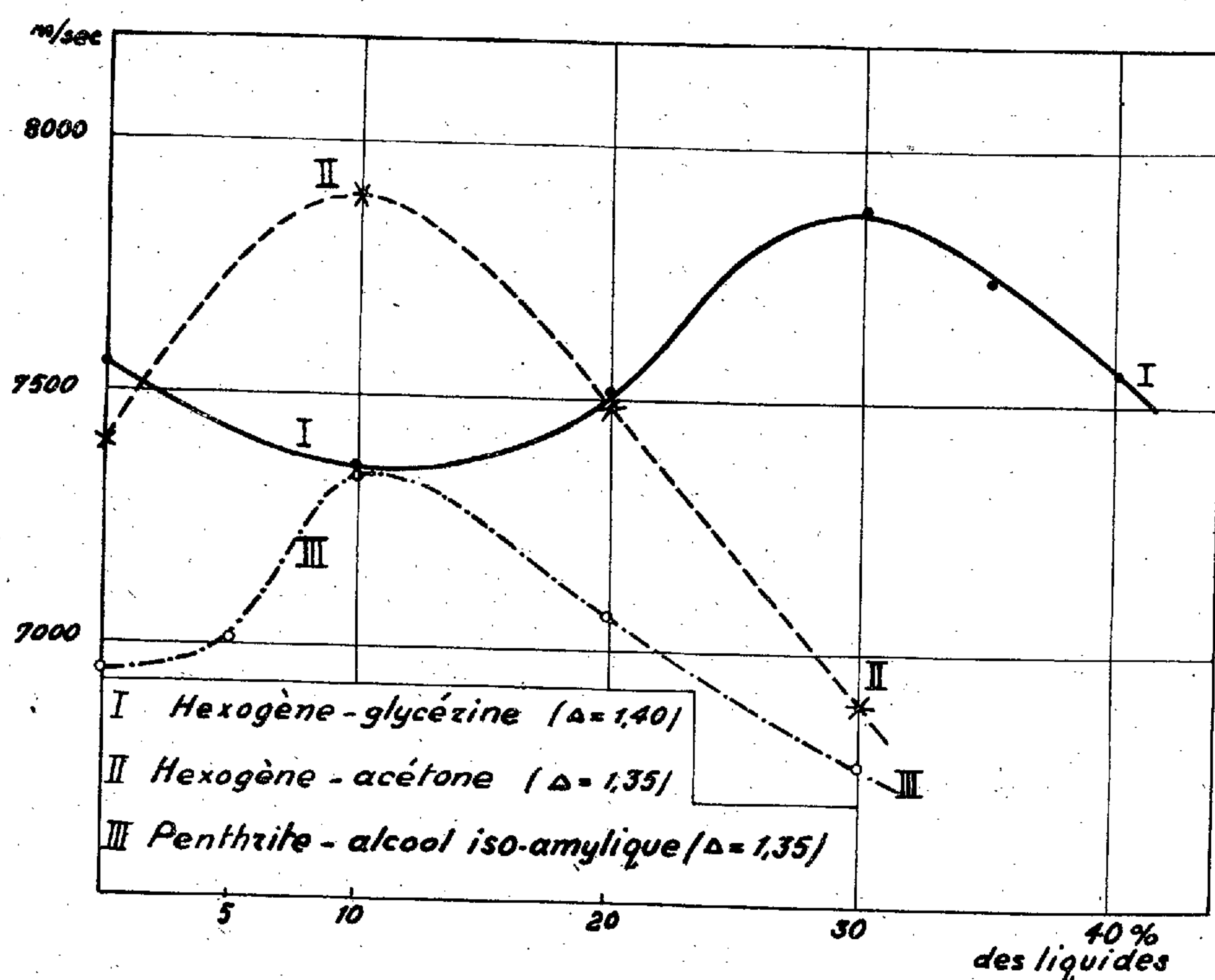
Nous avons examiné la vitesse de détonation des explosifs suivants : de

---

(1) Séance du 25 septembre 1939.

(2) *XIXe Congrès de Chimie Industrielle*, Nancy, 1938; voir aussi Abel, *Comptes rendus*, 78, 1874, p. 1432; Kast, *Spreng. u. Zündstoffe*, 1921, p. 30.

la penthrite, de l'hexogène, de la tolite et de l'acide picrique avec du chloroforme, du *n*-heptane, de l'acétone, de l'alcool *iso*-amylique, du



o-nitrotoluène, de l'eau, de l'huile de ricin, de l'aniline, de la glycérine, de la triacétine.

Voici les principaux résultats de ces essais :

1° Le maximum de la vitesse de détonation selon les courbes I et II correspond à des quantités de liquides variant suivant le cas entre 5 et 30 % en poids.

2° La viscosité et la densité des liquides ne semblent pas avoir d'influence sur la valeur de la vitesse de détonation des mélanges étudiés.

3° Le coefficient d'élasticité des liquides ainsi que la vitesse du son dans ces liquides semblent influencer de façon nette l'augmentation de la vitesse de détonation.

On trouve cela par exemple dans les résultats obtenus dans le cas de l'*hexogène* et des liquides qui donnent le maximum de la vitesse de détonation pour des mélanges de 30 % de liquide et 70 % d'hexogène :

	Δ.	$Δ_p$.	V_0.	V_0-V_s.	C.
Chloroforme	1,45	1,02	7390	1025	960
Alcool iso-amylique	1,35	0,95	7310	1170	1270
Huile de ricin	1,40	0,98	7620	1380	1450
Glycérine	1,40	0,98	7875	1635	1920

C, vitesse du son.

Voici les résultats que donne la *penthrite* avec des liquides qui donnent le maximum de la vitesse de détonation à un taux de 20 % de liquide :

	Δ.	$Δ_p$.	V_0.	V_0-V_s.	C.
Chloroforme	1,45	1,16	7575	1275	960
Aniline	1,45	1,16	7735	1435	1675
Glycérine	1,40	1,12	7825	1655	1920

Les faits remarqués semblent confirmer la théorie de Becker (3) et Schmidt (4) qui énonce que la valeur de la vitesse de détonation D peut s'exprimer par la formule

$$D = C + W,$$

où W est la vitesse de l'onde de choc.

Enfin il faut souligner une certaine analogie qui existe entre les effets trouvés par nous et les effets observés par Vieille (5) dans les cas de l'onde de choc au travers de différents gaz.

Observation sur la Note
de MM. Thadée Urbanski et Thadée Galas, par M. **Émile Jouguet**.

Les considérations théoriques de la fin de la présente Note appelleraient quelques éclaircissements. Si je comprends bien, les auteurs se réfèrent à une formule qui est due, non pas à Becker, mais à moi-même. En d'autres temps, j'aurais provoqué ces éclaircissements par une correspondance avec les auteurs. Mais la présente Note, partie de Varsovie le 30 août, m'est arrivée à un moment où il m'était difficile d'écrire à M. Urbanski. Je me décide donc à déposer ladite Note telle quelle pour ne pas retarder la publication des intéressants résultats expérimentaux qu'elle contient.

(3) *Z. Elektrochemie*, **23**, 1917, p. 40; *Z. f. Physik*, **8**, 1922, p. 321.
(4) *Z. ges. Schiess-Sprengstoffw.*, **27**, 1932, p. 145.
(5) *Mém. des Poudres*, **10**, 1899-1900, p. 225.

CHIMIE MINÉRALE. — *Préparation par voie sèche d'uranates, de niobates et de vanadates alcalins.* Note de M. **Henri Guiter**, présentée par M. Marcel Delépine.

J'ai cherché à préparer des uranates, des niobates et des vanadates alcalins par action de l'oxyde vert U^3O^8, des anhydrides niobique Nb^2O^5 et vanadique V^2O^5 sur des carbonates alcalins fondus. J'ai aussi fait réagir le dernier anhydride sur des sulfates alcalins.

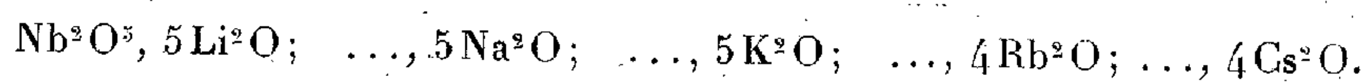
La composition des corps formés se déduit du poids de la masse obtenue, du gaz carbonique ou de l'anhydride sulfurique s'étant volatilisés.

Avec l'oxyde d'uranium U^3O^8 et les carbonates de sodium et de potassium, on obtient les uranates UO^4M^2 que Ditte (1) avait préparés par fusion de l'oxyde avec des chlorures alcalins. Ce même type d'uranates a été obtenu avec les carbonates de lithium, de rubidium et de cæsium; ces représentants n'avaient pas encore été signalés.

Les uranates en question sont insolubles dans l'eau; difficilement fusibles au chalumeau, ils se présentent sous forme de poudres. Celui de lithium est rose pâle; celui de sodium, brun; celui de potassium, orangé; ceux de rubidium et de cæsium, respectivement vermillon et vermillon plus pâle. Les acides, même faibles, les décomposent.

Avec l'anhydride niobique, par cette même méthode ou des méthodes similaires, divers auteurs avaient indiqué l'obtention de métaniobates pour le lithium (2), le sodium (3), le potassium (4); des sels $4Nb^2O^5, 3Rb^2O$ et $3Nb^2O^5, 4Rb^2O$ pour le rubidium (5), et $3Nb^2O^5, 4Cs^2O$ pour le cæsium.

J'ai obtenu des sels plus basiques; ce sont


$Nb^2O^5, 5Li^2O$; ..., $5Na^2O$; ..., $5K^2O$; ..., $4Rb^2O$; ..., $4Cs^2O$.

Tous ces sels sont solubles dans l'eau; ceux de potassium, de rubidium et de cæsium sont même hygroscopiques et déliquescents. Ils sont facilement

(1) *Comptes rendus*, 95, 1882, p. 988.
(2) Goldschmidt, *Skrifter Oslo*, 1, 8, 9, 1926.
(3) Holmsquit, *Z. Kryst. Min.*, 31, 1899, p. 305; Quill, *Z. anorg. Chem.*, 208, 1932, p. 257; Barth, *Norsk. Géol. Tidssk.*, 8, 1925, p. 201.
(4) Joly, *Bull. Soc. Chim.*, 2e série, 25, 1876, p. 506; Quill, *loc. cit.*, note (3).
(5) Balke et Smith, *J. Am. Chem. Soc.*, 30, 1908, p. 1637.

fusibles au chalumeau, décomposables par les acides avec libération d'anhydride niobique; occasionnellement, j'ai constaté que 1^{cm^3} d'acide sulfurique étendu de son volume d'eau dissolvait 1^{mg} d'anhydride niobique.

Avec l'anhydride vanadique et les carbonates alcalins on a déjà signalé l'obtention d'orthovanadates $V^2O^5, 3M^2O$ de lithium ([6]), de sodium ([7]), de potassium ([6]).

J'ai vérifié qu'à partir des carbonates de Li et de Na on obtenait les sels $V^2O^5, 3Li^2O$ et $V^2O^5, 3Na^2O$, mais avec les carbonates de K, Rb et Cs on obtient des pyrovanadates $V^2O^5, 2M^2O$.

Si l'on part des sulfates, on obtient trois groupes des sels, 1° $5V^2O^5, 4Li^2O$; 2° $3V^2O^5, 2Na^2O$ ou $2K^2O$; 3° $2V^2O^5, Rb^2O$ ou Cs^2O.

Tous ces sels sont fusibles facilement au chalumeau, ils sont solubles dans l'eau, ceux de rubidium et de cæsium étant hygroscopiques et déliquescents.

Solidifiés après fusion ils présentent les coloris suivants : $V^2O^5, 3Li^2O$, gris; $V^2O^5, 3Na^2O$, beige clair; $V^2O^5, 2M^2O$, rosé; $V^2O^5, 2Rb^2O$ ou $2Cs^2O$, blanc; $5V^2O^5, 4Li^2O$, beige; $3V^2O^5, 2Na^2O$ ou $2K^2O$, brun noir; $2V^2O^5, Rb^2O$ ou Cs^2O, brun rouge.

On peut faire la remarque que le rapport M^2O/V^2O^5 diminue lorsque le poids atomique de l'élément alcalin augmente, si l'on dresse le tableau suivant :

$\frac{\text{mol. } M^2O}{\text{mol. } V^2O^5}$	Li.	Na.	K.	Rb.	Cs.
A partir des carbonates....	3	3	2	2	2
» des sulfates.......	0,8	0,67	0,67	0,5	0,5

CHIMIE ORGANIQUE. — *Réactions de Friedel et Crafts sensibles à l'empêchement stérique*. Note de M. **Buu-Hoï**, présentée par M. Marcel Delépine.

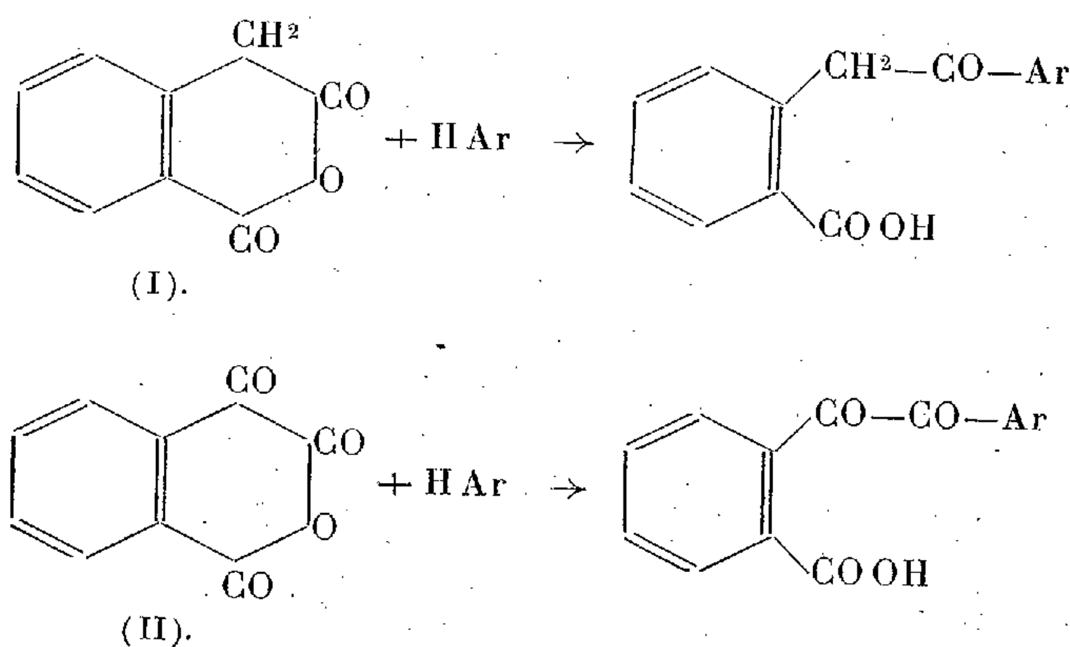
Si la notion d'empêchement stérique résulte de l'étude d'un très grand nombre de réactions, appartenant aux types les plus variés, il ne semble

([6]) Rammeslsberg, *Wiedm. Ann.*, **20**, 1883, p. 938.
([7]) Czudnowics, *Pogg. Ann.*, **120**, 1863, p. 32; Roscoe, *Liebigs Ann.*, Suppl. **8**, 1870, p. 95; Norblad, *Bull. Soc. Chim.*, 2e série, **23**, 1875, p. 64.

pas, à notre connaissance, que l'intervention d'un tel facteur ait été envisagée jusqu'ici dans des réactions de Friedel et Crafts.

D'une part ce genre de réactions ne se prête guère à des mesures cinétiques; d'autre part les phénomènes de coupure et de réarrangement des substituants (surtout lorsqu'ils sont ramifiés), provoqués par le chlorure d'aluminium, ne permettent pas en général de conclure à l'intervention d'un empêchement stérique, par la simple considération des produits de réaction.

L'étude de la condensation des anhydrides homophtalique (I) et phtalonique (II) avec les composés aromatiques ([1]) permet cependant de montrer que certaines réactions de Friedel et Crafts sont visiblement sensibles à l'empêchement stérique. En effet, l'ouverture du cycle oxygéné de ces anhydrides se fait dans tous les cas de manière à ce que le radical aromatique introduit soit fixé sur le carbonyle le moins encombré, celui de la chaîne latérale :



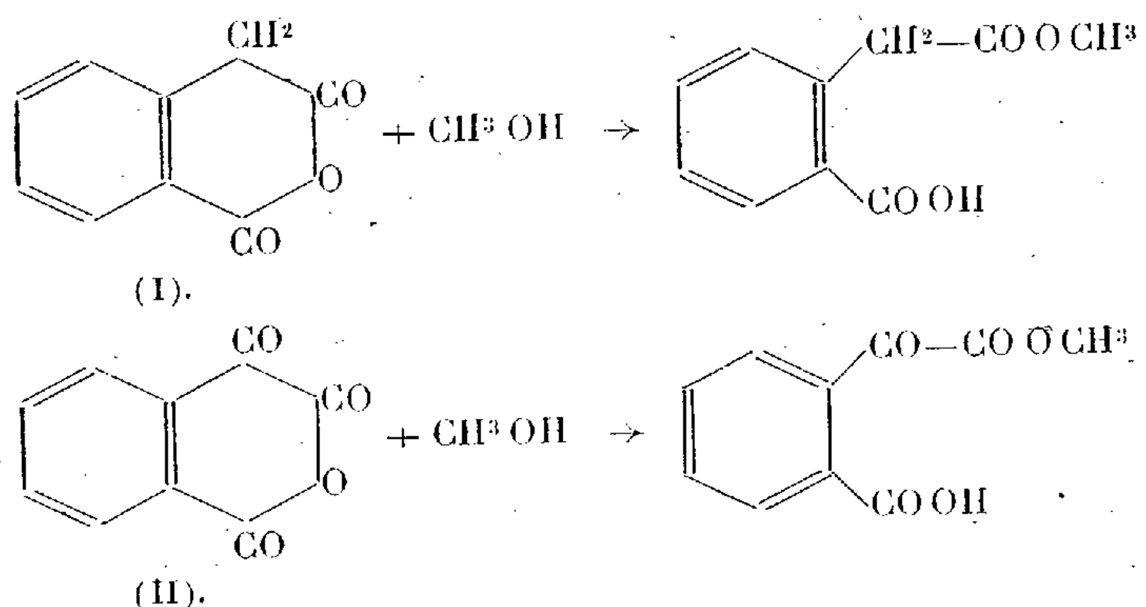
On obtient donc, au lieu des benzophénones substituées attendues, des dérivés du diphényléthane.

Ces résultats sont remarquablement parallèles à ceux obtenus par Wegscheider et Glogau en ce qui concerne l'éthérification par ces mêmes anhydrides (I) et (II) : il se fait le monoéther, qui est acide à la fonction la plus encombrée, quelle que soit la force relative de cette fonction

---

([1]) Buu-Hoï, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 2449; Graebe et Trümpy, *Ber. d. chem. Ges.*, 31, 1898, p. 375.

acide (²) :



Il est tout à fait probable ici que les mêmes effets proviennent de la même cause et que l'empêchement stérique (quel que soit le sens physique attribué à ce terme) est aussi bien responsable de la fixation sélective des radicaux aryles que de l'éthérification sélective observée.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Observations du champ électrique de l'atmosphère dans l'Océan Atlantique et dans l'Océan Pacifique*. Note de M. **Jules Rouch**, présentée par M. Charles Maurain.

Au cours d'un voyage effectué au mois de juillet et au mois d'août 1939 à bord du paquebot-mixte français à moteurs *Oregon*, du Havre à San-Francisco par le canal de Panama, j'ai effectué 105 séries de mesures du champ électrique de l'atmosphère dans l'Océan Atlantique et dans l'Océan Pacifique.

J'avais à ma disposition deux électroscopes, un électroscope à feuilles d'aluminium d'Elster et Geitel, et un électromètre à fils de quartz de Wulf. Ces appareils m'ont donné toute satisfaction ; je n'ai jamais été gêné par le roulis, la stabilité de plate-forme de l'*Oregon* étant très grande.

Les difficultés d'isolement que j'avais éprouvées en 1938 à bord de l'*Émile-Miguet* (¹) se sont renouvelées, mais je m'étais muni d'un dispositif mieux approprié : la canne d'ébonite, portant l'égaliseur de potentiel, était elle-même enfoncée dans un isolateur à ambre, protégé contre les

(²) Wegscheider et Glogau, *Monatshefte f. Chem.*, 24, 1903, p. 930 à 940.

(¹) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 678.

condensations directes et les embruns. D'autre part l'Institut de Physique du Globe m'avait prêté une prise de potentiel au radium à débit beaucoup plus grand que les égaliseurs dont je m'étais servi jusqu'ici.

La canne d'ébonite était disposée horizontalement, perpendiculairement à la coque. La prise de potentiel était à $0^m,90$ à l'extérieur du bâtiment, à 8^m au-dessus de la surface de la mer, et à $2^m,50$ du pont supérieur.

Les réductions au plan ont été faites à trois reprises, à Curaçao, à Puerto Colombia (Colombie) et à San Pedro de Los Angeles (Californie). Elles ont montré que le champ mesuré à bord correspondait sensiblement à une hauteur de 1^m au-dessus du sol à peu près plat et suffisamment dégagé.

Le tableau suivant donne la moyenne de mes mesures, groupées suivant la latitude dans les deux océans.

	Océan Atlantique.		Océan Pacifique.	
Latitude	Nombre d'observations.	Champ (volts/mètre).	Nombre d'observations.	Champ (volts/mètre).
de 40° à 45° N.	3	115		
40 à 35	2	125	4	150
35 à 30	4	125	11	120
30 à 25	4	145	6	145
25 à 20	5	190	11	100
20 à 15	5	125	13	85
15 à 10	9	100	12	75
10 à 5	3	85	12	55

Le résultat le plus saillant de ces observations est la diminution très nette du champ au voisinage de l'équateur.

J'avais déjà, il y a 30 ans à bord du *Pourquoi-Pas ?*, observé cette variation du champ électrique de l'atmosphère avec la latitude, mais mes observations étaient alors beaucoup moins nombreuses et moins précises.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Étude statistique du cycle undécennal de la composante diurne de la déclinaison magnétique*. Note (1) de M. et Mme **Henri Labrouste**, présentée par M. Charles Maurain.

Cette étude concerne la variation undécennale de la composante diurne des jours calmes.

Les stations utilisées sont au nombre de 22, réparties entre les latitudes

(1) Séance du 2 octobre 1939.

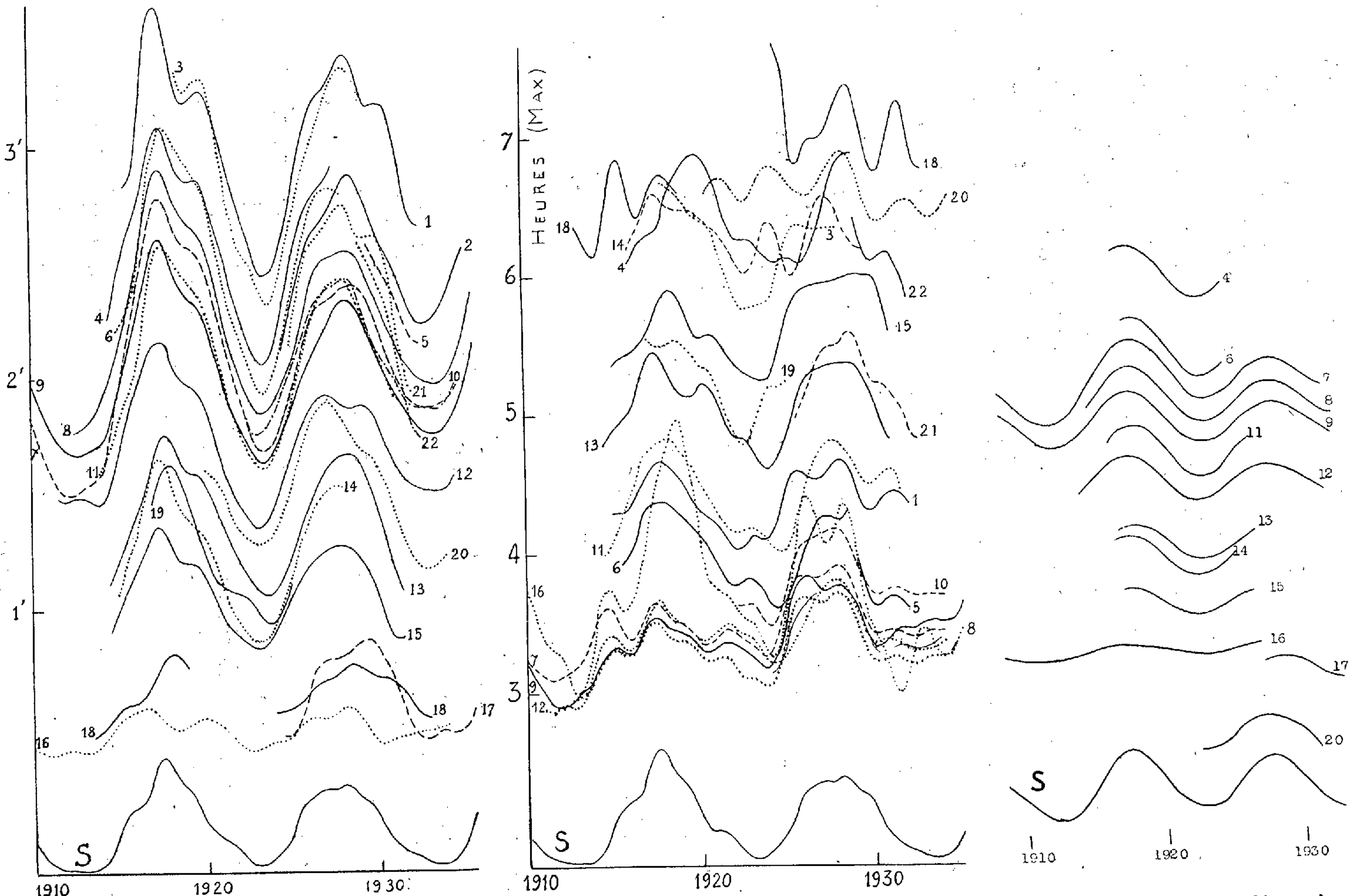


Fig. 1. — Amplitude diurne.

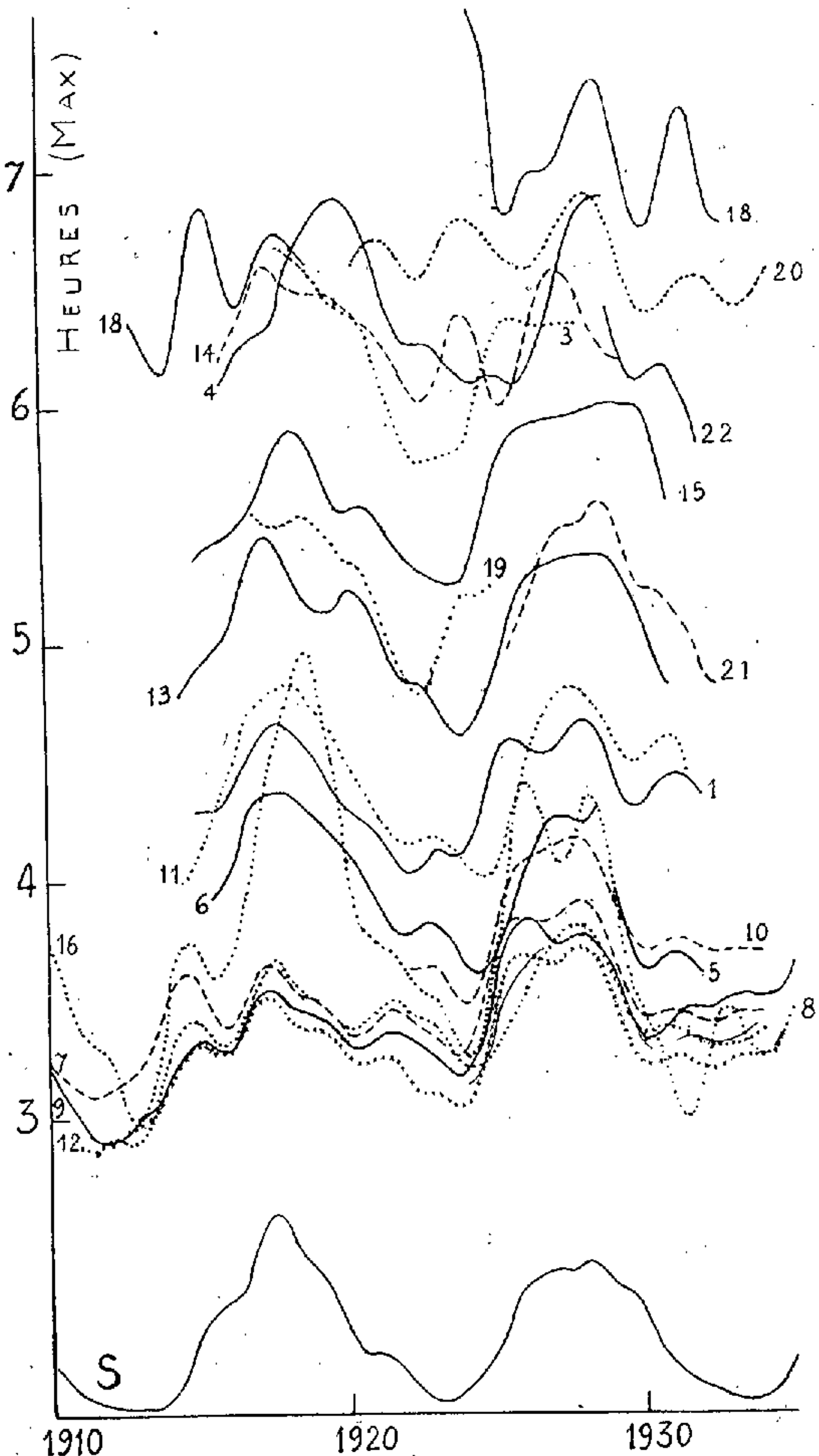


Fig. 2. — Phase diurne (heure du Max. en heure locale).

Fig. 3. — Composante undécennale de l'amplitude diurne

1, Sodankylä (+ 64°); 2, Lerwick (+ 63°); 3, Meanook (+ 62°); 4, Sitka (+ 60°); 5, Lovö (+ 58°); 6, Agincourt (+ 55°); 7, Greenwich (+ 54°); 8, De Bilt (+ 54°); 9, Val-Joyeux (+ 51°); 10, Swider (+ 51°); 11, Cheltenham (+ 50°); 12, Ebro, (+ 44°); 13, Tucson (+ 40°); 14, Vieques (+ 30°); 15, Honolulu (+ 21°); 16, Alibag (+ 10°); 17, Huancayo (0°); 18, Apia (— 16°); 19, Mauritius (— 27°); 20, Watheroo (— 42°); 21, Melbourne (— 47°); 22, Christchurch (— 48°).

géomagnétiques — 48° et + 64°. Pour certaines d'entre elles, dont les séries sont soit trop courtes, soit incomplètes dans nos archives, les variations undécennales de l'amplitude et de la phase restent naturellement un peu imprécises.

La composante diurne a été calculée à partir des écarts horaires à la moyenne annuelle des jours calmes, et les valeurs des deux éléments étudiés, amplitude et phase, ont été portées en courbes et sont représentées sur les figures 1 et 2. Dans ces figures les ordonnées relatives aux différentes stations sont comptées à partir d'une même origine, de sorte que l'on a une représentation non seulement de la grandeur de l'oscillation undécennale, mais aussi de la valeur moyenne autour de laquelle s'effectue cette oscillation.

L'examen des courbes montre le parallélisme bien connu avec l'activité solaire S et, dans l'ensemble, une augmentation concomitante de la valeur moyenne des amplitudes et de leurs composantes undécennales pour les latitudes géomagnétiques croissantes (*fig.* 1).

On constate aussi que les courbes ne restent pas semblables d'une station à une autre, mais subissent des déformations qui justifient l'étude séparée de la composante undécennale et des autres variations plus lentes ou plus rapides qui l'accompagnent. La combinaison $s_2 s_3 Z_5 Z_6$ est généralement suffisante pour isoler la composante undécennale, mais n'est possible que dans le cas de longues séries comme celles de Greenwich, du Val-Joyeux et de Bombay. Pour les séries plus courtes, on a dû se contenter de la combinaison $s_2 s_3$ (*fig.* 3) qui laisse subsister les composantes de grande période. Il en résulte une précision moindre dans les valeurs cherchées : toutefois, des relations apparaissent entre les différentes grandeurs étudiées.

Composante undécennale de l'amplitude diurne. — Si l'on compare les amplitudes undécennales magnétique et solaire, on trouve un rapport variable, comme on sait, avec la station, mais qui, à une même station n'est pas rigoureusement constant au cours du temps et dont les variations ne sont pas simultanément de même sens sur tout le Globe. Ces variations sont dues, au moins en partie, aux composantes de grande période et s'atténuent considérablement quand on isole la composante undécennale à l'état de pureté.

La comparaison de valeurs simultanées des amplitudes aux diverses stations montre que *l'amplitude undécennale croît*, en fonction de la *latitude géomagnétique, de* 0 *à* 50°, *et paraît sensiblement stationnaire ou même décroissante entre* 50 et 64°.

Composante undécennale de la phase. — Les composantes undécennales de la phase diurne sont sensiblement en phase avec celle de l'activité solaire, sauf aux stations de Huancayo et Apia. Les amplitudes de ces composantes undécennales de phase présentent une répartition en *longitude*, caractérisée, en particulier, par une anomalie positive dans les stations américaines et négative dans les stations européennes.

Une étude parallèle de la variation undécennale de tous les jours est en cours. Elle montre, pour le Val-Joyeux, que la composante undécennale de la phase diurne est en avance sur celle des jours calmes.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur la véritable signification des vases sableuses et des sables vaseux.* Note (1) de MM. **Jacques Bourcart** et **Claude Francis-Bœuf**, transmise par M. Charles Pérez.

Les océanographes qui se sont occupés des sédiments marins ou fluvio-marins ont, pour la plupart, fait appel à la seule classification granulométrique.

Sans nier l'intérêt de cette méthode, il est incontestable qu'elle s'avère insuffisante. L'un de nous l'a montré récemment, pour ce qui est de la *vase* (2) où il faut distinguer une fraction sableuse, une fraction pulvérulente et un complexe d'origine organique, en voie d'évolution et servant de liant, l'*algon*

Les vases sableuses semblent devoir être définies de la même façon, mais la phase sableuse y est plus importante, sans toutefois modifier la viscosité caractéristique de ce milieu.

Par contre nous nous sommes efforcés d'étudier ce que l'on a coutume d'appeler *sable vaseux*. A cet effet, nous avons examiné les sédiments de l'Aber de Roscoff, large baie comprise entre la zone à *Fucus serratus* et la haute-plage.

Les dépôts de l'estran sont, comme l'a déjà indiqué de Beauchamp (3), jaunâtres en surface sur une épaisseur de 1^{cm} au maximum; en profondeur, ils prennent une couleur allant du gris au noir.

Tous les échantillons recueillis ont été lavés et se sont montrés cons-

(1) Séance du 18 septembre 1939.

(2) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 758.

(3) *Les Grèves de Roscoff*, Paris, 1914.

tués; 1° par une fraction sableuse (quartz et un peu de tourmaline, de biotite, de muscovite et quelques minéraux lourds); 2° une fraction identique à la vase qui, comme elle, présente une phase minérale pulvérulente avec, en plus, des spicules d'Éponges, des valves de Diatomées, des Coccolites, des coquilles de Foraminifères et une proportion assez grande, mais variable, d'*algon*. De la zone à *Fucus serratus* à la ligne supérieure des hautes mers de morte-eau, cet algon varie du vert pâle au noir.

La partie supérieure du sable noir contient une faune très abondante : Nématodes, larves d'Annélides, Gastrotriches, Rotifères, Infusoires, Flagellés incolores, de très nombreuses Bactéries et quelques Diatomées. La couche superficielle, jaunâtre, contient à peu près la même vie, mais il s'y ajoute une très grande abondance de Diatomées, de Cyanophycées et de nombreux Flagellés (*Euglena*, Chromomonadines), de grandes Bactéries ciliées, des Leucothiobactéries, et surtout une Sarcine qui forme des taches roses à la surface du sable.

Cette vie résiste plus d'un mois en aquarium. Si l'on place la seule partie grise dans un bac, il ne tarde pas à se former à sa surface une pellicule, plus ou moins épaisse, de couleur jaunâtre, où la population est la même que celle de la surface des plages.

Il semble que la partie grise du sable vaseux soit caractérisée par l'existence de sulfures, surtout de fer, et par une flore anaérobie et que la couche jaune soit le siège d'oxydations dont l'origine doit être recherchée dans la pullulation des Diatomées et des algues bleues.

Quelques centimètres du sable jaune de la surface, recouverts d'une couche d'eau de mer, ont été mis à l'abri de l'air et de la lumière. Au bout de 24 heures, le sable était entièrement noirci et la teneur en oxygène dissous de l'eau ([1]) était passée de 8,95 à 0^{mg} par litre. Remis à la lumière, le sédiment est redevenu jaune superficiellement et la teneur en oxygène de l'eau était à nouveau, en 24 heures, de $2^{mg},4$ par litre. Cette expérience préliminaire montre déjà toute l'importance du facteur lumière et des transformations dues à la vie végétale dans l'évolution des sables vaseux.

Un excès de matières organiques, comme dans le cas des herbiers morts de la baie de Térénez, semble empêcher cette oxydation superficielle et nuire au développement de la vie.

Les sédiments qui se déposent actuellement dans le port de Roscoff sont presque identiques à ceux de l'Aber; seul le pourcentage d'algon et la

([1]) M. Nicloux, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **12**, 1930, p. 40.

viscosité sont plus forts. Nous avons étudié les sables de l'estran, de Brignogan (Finistère) à Saint-Michel-en-Grève (Côtes-du-Nord); on y retrouve les mêmes caractéristiques, avec seulement une proportion d'algon variant en raison directe du développement des prairies d'algues voisines et en raison inverse de la dimension des grains du sable. Il nous a semblé que l'épaisseur de la zone oxydée dépend de la viscosité d'ensemble du matériau constitutif de la plage; fonction elle-même et de la granulométrie et du pourcentage d'algon. Cette couche est minima (quelques millimètres) dans les vraies vases, maxima (quelques décimètres) dans les sables grossiers. Les fonds de cailloutis, de coquilles brisées, de maerl, les sables coquillers sous-marins de la baie de Morlaix sont aussi mêlés à de l'algon, mais la vie benthonique y est plus réduite.

En conclusion, sables vaseux et vases ont des caractères généraux assez voisins; leur différence essentielle réside dans la porosité plus grande des sables et, au contraire, dans l'état de cohérence et de viscosité globale des vases qui s'opposerait à une circulation biologique et à des échanges gazeux aussi accentués que dans le cas des sables.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur la présence d'éléments des terres rares dans les Algues calcaires* (Lithotamnium calcareum). Note [1] de MM. **Marcel Servigne** et **Arakél Tchakirian**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'un de nous a décrit [2] une méthode de détection des éléments des terres rares, permettant de déceler la présence de ces phosphorogènes dans le tungstate de calcium, jusqu'à des micro-quantités de l'ordre de 10^{-7} gr. par gramme de diluant.

Il a paru intéressant d'appliquer cette méthode à la recherche des mêmes éléments dans les Maërls (*Lithotamnium calcareum*). C'est une espèce d'Algues calcaires chimiquement constituées jusqu'à 90 % de carbonate de calcium et de magnésium, concentrés à partir de l'eau de mer. En outre, des traces de nombreux éléments y ont été récemment décelées [3].

---

[1] Séance du 2 octobre 1939.

[2] M. Servigne, *Comptes rendus*, 203, 1937, p. 863; *Bull. Soc. Chimique de France*, juillet 1939 (sous presse); *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 210.

[3] Mlle Lagrange et A. Tchakirian, *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 58.

Nous avons opéré sur 380g d'Algues prélevées vivantes à Roscoff. Après d'abondants lavages à l'eau bidistillée, leur incinération, calcination à 900° C. et broyage ont mené à 200g de cendres. Ces cendres furent traitées à trois reprises par l'acide nitrique pur à 36° B. Après évaporation à sec au bain de sable jusqu'à commencement de décomposition des nitrates formés, on a repris par 500^{cm^3} d'eau bidistillée chaude. La filtration a permis de séparer un résidu siliceux, d'une liqueur limpide renfermant en particulier tout le calcium et le magnésium.

Ces deux portions du traitement furent examinées séparément :

En premier lieu, dans le liquide amené à pH 7, des insolubilisations fractionnées du calcium ont été obtenues par cinq additions successives d'acide oxalique.

Ces différentes fractions furent transformées en carbonate de calcium par chauffage à 900°C., et enfin amenées à l'état de tungstate normal de calcium luminescent, par chauffage jusque vers 1400°C. en présence d'une quantité convenable d'acide tungstique pur.

En second lieu, la partie siliceuse des Algues fut traitée à haute température dans un creuset de silice pure, en présence d'une quantité égale de tungstate normal de calcium pur (pureté de luminescence), jusqu'à formation d'une laque blanche d'apparence homogène.

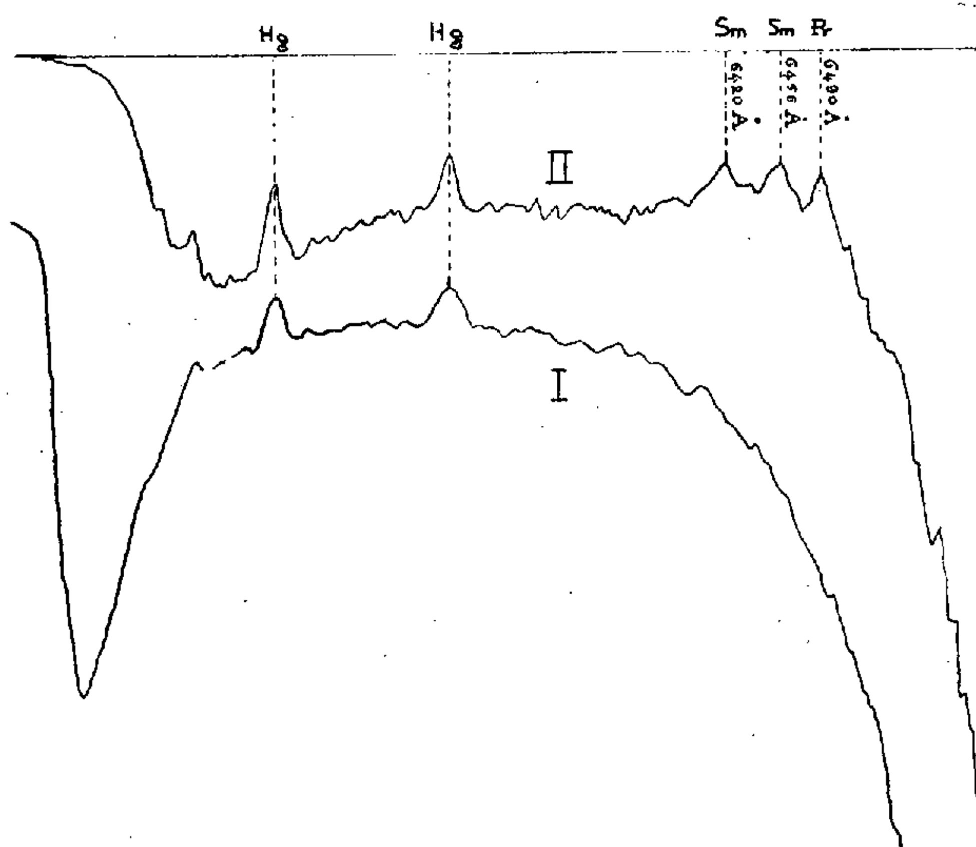
Les six échantillons luminescents obtenus ont été broyés au mortier d'agate. Leur photo-luminescence visible et infrarouge a été excitée dans un tube à décharges, selon la méthode déjà décrite, et photographiée à un spectrographe très lumineux ouvert à $f/4$. Afin de ménager des poses suffisamment longues et d'éliminer les surexpositions gênantes, un écran rouge à la gélatine a été disposé devant la fente du spectrographe.

Des essais de contrôle, relatifs au matériel, aux réactifs ainsi qu'au diluant employés, ont été menés parallèlement aux précédents.

L'examen des spectres visibles (voir figure ci-après) et infrarouges obtenus permet de conclure à la présence très nette, dans la portion siliceuse séparée des Algues calcaires, de *praséodyme*, de *néodyme* et de *samarium*.

Remarquons que ces trois éléments sont, dans la série cérique, les seuls qui donnent, dans les précédentes conditions, un spectre de luminescence caractéristique. De plus, la haute sensibilité de la méthode à leur égard est comparable. On est ainsi amené à penser que l'extraction des éléments rares, à partir de l'eau de mer, doit être effectuée par les Algues calcaires dans l'ordre d'importance quantitative où les offrent

souvent leurs mélanges naturels. Cette conclusion se trouve confirmée en l'absence des apparitions propres à l'*europium* et au *dysprosium*, alors



Enregistrements micro-photométriques des spectrogrammes correspondant aux substances suivantes : I, Tungstate de calcium pur (contrôle du matériel, des réactifs et du diluant) (spectre visible); II, tungstate de calcium renfermant la portion siliceuse des algues (spectre visible).

que la méthode employée est, à l'égard de ces éléments plus rares, aussi sensible que pour le *praséodyme*, le *néodyme* et le *samarium*.

Notons enfin qu'il n'est pas aisé d'appliquer ici la méthode de *dosage* des éléments rares par photométrie photographique (4), en raison de la grande complexité chimique, d'ailleurs variable, de l'échantillon luminescent préparé. Il est cependant possible d'évaluer la concentration en *praséodyme*, *néodyme* et *samarium*, correspondant aux spectres obtenus, comme étant de l'ordre de 5.10^{-6}.

CYTOPHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Modifications des propriétés d'imbibition des colloïdes nucléaires consécutives à un traumatisme.* Note (1) de M. **Georges Deloffre.**

Nous avons indiqué (2) que l'accroissement nucléaire observé par divers auteurs au début des processus de cicatrisation consécutifs à un trauma-

(4) M. Servigne et E. Vassy, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1566.

(1) Séance du 25 septembre 1939.

(2) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1110.

tisme, nous paraissait correspondre à une dédifférenciation des cellules précédant leur transformation en éléments méristématiques cicatriciels. On sait que Haberlandt ([3]) a établi que ces processus de cicatrisation sont déclenchés par l'action d'une hormone post-traumatique, isolée récemment sous le nom de traumatine par J. English et J. Bonner ([4]); ces derniers ont montré en outre que la traumatine est largement répandue dans les tissus végétaux. Il est donc très probable que l'accroissement nucléaire observé au début des processus de cicatrisation est imputable, lui aussi, à l'action de la traumatine. D'autre part Fischer ([5]), étudiant l'accroissement du noyau après blessure dans les cellules du parenchyme foliaire de *Peperomia blanda* a remarqué que la fixation produit une contraction plus forte pour les gros noyaux accrus au voisinage de la blessure, que pour les noyaux normaux :

Le diamètre moyen de ces derniers, qui est de $7^{\mu},6$ sur le vivant, passe à $6^{\mu},4$ après fixation, tandis que pour les gros noyaux accrus, il est de $14^{\mu},5$ sur le vivant, et de $10^{\mu},8$ après fixation. Cette différence de contraction attribuée par Fischer à une augmentation de la teneur en eau des noyaux au cours de leur accroissement, serait donc imputable à une augmentation de la capacité d'imbibition du noyau. Ces considérations tendent à montrer qu'à la suite d'un traumatisme, il se produit sous l'influence de la traumatine des modifications de l'état d'équilibre des colloïdes nucléaires par augmentation de leur capacité d'imbibition. C'est seulement après ces modifications que se produiraient les divisions cellulaires.

Certaines observations semblent permettre d'étendre ces conceptions aux divisions cellulaires que l'on observe normalement dans les méristèmes des points végétatifs et dans les assises cambiales. Haberlandt admet en effet que ces divisions cellulaires sont déterminées elles aussi par des hormones : hormones de méristème et hormones de leptome. D'autre part, le gonflement prophasique du noyau, dont l'importance a été soulignée particulièrement par Della Valle ([6]) et qui précède toute autre transformation, est l'indice d'une légère augmentation de la capacité d'imbibition du noyau. Il semble donc que les divisions cellulaires normales dans les méristèmes des points végétatifs et dans les assises cambiales seraient pré-

---

([3]) *Biol. Centralbl.*, **42**, 1922, p. 145.
([4]) *Journ. Biol. Chem.*, **121**, 1937, p. 791.
([5]) *Planta*, **22**, 1934, p. 767.
([6]) *Arch. Zool. Ital.*, 6, 1911, p. 37.

cédées, elles aussi, par une augmentation de la capacité d'imbibition des colloïdes nucléaires, augmentation qui serait déterminée par l'action des hormones de méristème ou des hormones de leptome.

L'action stimulatrice des mitoses exercée par diverses substances : suc de la plante, auxines, acides organiques, sels neutres, hydrates de carbone, signalée récemment par de nombreux auteurs et notamment par Jost [7], Snow [8], Laibach [9], Söding [10], et dont certains tirent argument en faveur de la non-spécificité des hormones, pourrait s'expliquer dans le cadre de cette hypothèse par une modification de la capacité d'imbibition des colloïdes nucléaires produite par ces diverses substances.

ZOOLOGIE. — *Sur le tube digestif des Bryozoaires gymnolémides.* Note [1] de M. **Georges Bronstein**, transmise par M. Charles Pérez.

D'après la nomenclature usuelle (F. Borg, 1926), on distingue six parties dans le tube digestif des Bryozoaires gymnolémides : le pharynx, l'œsophage, l'iléum, le cæcum et le rectum. Nous allons les passer rapidement en revue.

L'ouverture du pharynx ou bouche est bordée de cils longs et puissants. Leur mouvement produit un tourbillon qui entraîne les particules alimentaires dans la lumière du tube digestif.

J'ai donné ailleurs [2] la description des cellules du pharynx. Il faut toutefois ajouter que, dans un bourgeon polypidien très jeune, le pharynx est formé, ainsi que le reste du tube digestif, de petites cellules identiques entre elles, à cytoplasme dense et uniformément basophile. Ultérieurement, au centre de chaque cellule pharyngienne, apparaît une vacuole qui grandit jusqu'à remplir toute la cellule et refouler vers la périphérie cytoplasme et noyau. En même temps se forment les épaississements scalariformes de la paroi cellulaire décrits dans la Note citée plus haut. La fonction de ces vacuoles serait de maintenir les cellules en état de turges-

---

(7) *Ber. Deut. Bot. Ges.*, 53, 1935, p. 733.
(8) *New Phytol.*, 31, 1933, p. 288, et 34, 1935, p. 347.
(9) *Ber. Deut. Bot., Ges.*, 53, 1935, p. 528.
(10) *Jahrb. Wiss. Bot.*, 82, 1936, p. 534.

(1) Séance du 25 septembre 1939.
(2) *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 63, 1938, p. 257-259.

cence permanente et d'assurer ainsi la rigidité de la paroi pharyngienne.

On sait qu'à l'exception du jéjunum et du rectum, le reste du tube digestif présente des régions incolores et des régions brunes dont la répartition, variable suivant les espèces, est rigoureusement constante dans une espèce donnée. Comme l'a déjà décrit P. Rey (*Bull. Soc. Zool. Fr.*, 52, 1927), une zone brune est formée de deux sortes de cellules : grandes cellules à cytoplasme vacuolaire acidophile, petites cellules à cytoplasme basophile.

Cependant, contrairement à l'opinion émise par Rey et par Borg, il ne paraît pas s'agir là de deux catégories cellulaires distinctes. En effet les cellules basophiles, nombreuses chez les jeunes polypides, sont de plus en plus rares à mesure que le polypide avance en âge et disparaissent complètement avant qu'il n'entre en dégénérescence. On peut, d'autre part, observer tous les intermédiaires entre les deux sortes de cellules. Les cellules basophiles apparaissent donc comme les cellules de remplacement de la muqueuse digestive.

Les cellules acidophiles sont le siège de l'accumulation des granulations brunes. En contradiction avec les résultats obtenus par Rey, j'ai pu faire dissoudre celles-ci dans les liquides suivants : alcools éthylique et méthylique purs, acétone, éther, benzène et ses homologues, éther de pétrole. Leur solubilité dans ces liquides est assez lente, ce qui explique qu'on les retrouve dans les préparations histologiques. Les solutions, jaune verdâtre, présentent les caractères d'un mélange de chlorophylle et de caroténoïdes auxquels s'ajouteraient peut-être d'autres pigments. Par ailleurs, on décèle les caroténoïdes *in situ* par des procédés histochimiques (réaction de Mollisch).

Quelle est l'origine de ces pigments ? Étant donné que les Bryozoaires se nourrissent de Diatomées, on est naturellement enclin à penser que les carétonoïdes sont d'origine alimentaire, hypothèse d'autant plus vraisemblable que j'ai pu constater chez ces animaux des phénomènes de digestion intracellulaire.

Si l'on place, par exemple, des *Membranipora membranacea* L. dans une suspension de carmin ou de noir animal, on voit au bout de quelques heures une région du cœcum accumuler des grains colorés, grains que l'on retrouve dans les coupes histologiques. Si, à la fin de l'expérience, on remet la colonie dans l'eau pure, on constatera qu'au bout d'un à deux jours les cellules épithéliales se seront débarrassées du colorant

ingéré, qui passe dans la lumière intestinale et est évacué. Ce même processus d'éjection se manifeste également dans les conditions normales.

Si l'on place un zoarium dans de l'eau de mer filtrée, le tube digestif se vide au bout de quelque temps de son contenu. A ce moment il devient facile d'observer que les cellules du cœcum émettent des particules brunes vers la lumière du tube digestif. A vrai dire ce processus n'est jamais complet : le polypide dégénère par inanition bien avant de s'être complètement décoloré.

Les observations qui précèdent se trouvent en contradiction formelle avec celles de P. Rey, pour qui le pigment brun du tube digestif est formé de mélanines et n'est jamais excrété.

Il faut remarquer que la faculté de digestion intracellulaire n'appartient qu'aux polypides assez jeunes; elle diminue par la suite et disparaît complètement chez les individus âgés. On pourrait voir dans ce phénomène, ainsi que dans la disparition des cellules de remplacement, une des causes de la dégénérescence normale des polypides.

Enfin, rappelons pour mémoire, que le jéjunum et le rectum sont formés de cellules banales qui ne subissent aucune modification au cours de l'évolution du polypide.

PHYSIOLOGIE. — *Répercussions de l'anoxémie sur le rein.* Note [1] de MM. **Léon Binet**, **M. V. Strumza** et **A. Samaras**, présentée par M. Paul Portier.

Parce que diverses manifestations du mal des altitudes ont été attribuées à une défaillance de la fonction rénale, il nous a paru opportun de suivre le comportement du rein chez des chiens chloralosés, respirant une atmosphère appauvrie en oxygène. Nos expériences ont porté sur 35 chiens; nous avons observé les réactions à la privation d'oxygène, jusqu'à l'apparition de l'apnée; secondairement, après réanimation de l'animal par la respiration artificielle, avec inhalation de l'air ordinaire, il nous a été facile de suivre le retour à la normale. En même temps que la pression artérielle et les mouvements respiratoires, nous avons inscrit le volume du rein gauche (oncographie), le volume des urines élaborées par chaque rein

---

[1] Séance du 2 octobre 1939.

(stalagmographie), et enfin le comportement moteur de l'uretère droit. Remarquons de suite que le choc opératoire peut amener une inhibition urétérale, avec ou sans anurie, qui met parfois plus d'une heure à se dissiper.

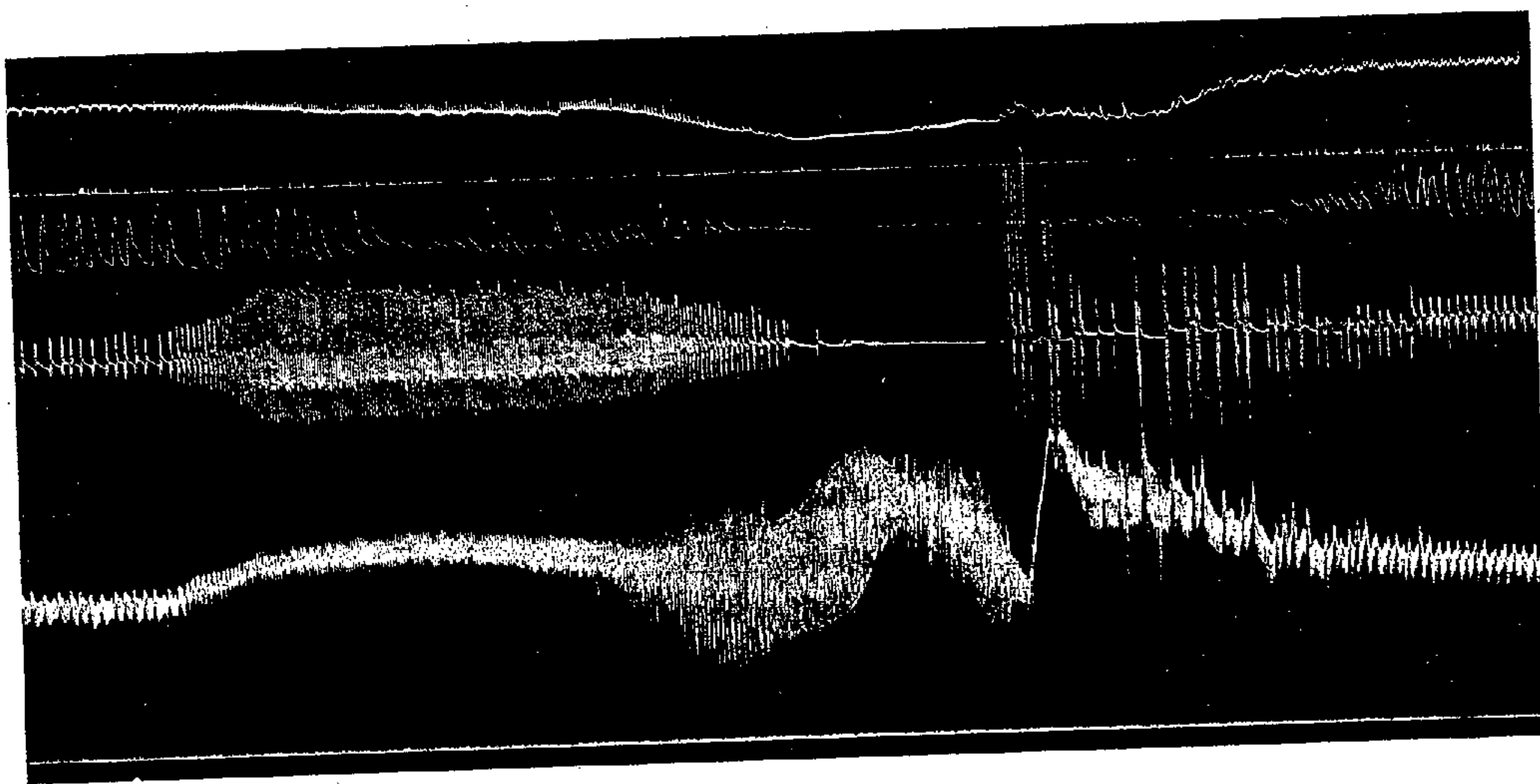
Un chien ainsi préparé est soumis à l'inhalation d'un air qui contient 2,9 ou 2,4 % d'oxygène seulement; après la première minute, le volume du rein commence à diminuer; les contractions urétérales ont une amplitude amoindrie; le volume des urines émises se réduit. Signalons que, dans ce court laps de temps, la tension artérielle s'est élevée déjà, coïncidant avec une augmentation du débit respiratoire. Durant les minutes qui suivent, la constriction rénale s'accentue progressivement, les mouvements urétéraux vont en s'affaiblissant et s'arrêtent bientôt; la sécrétion urinaire se réduit de plus en plus, jusqu'à l'anurie complète. Celle-ci survient, tantôt avant, tantôt après l'inertie urétérale, ou encore simultanément. Bientôt d'ailleurs l'apnée survient; dès lors l'anurie et la paralysie urétérale sont constantes, tandis que la constriction rénale s'accentue brusquement. Ces phénomènes persistent pendant toute la durée de l'apnée. La plupart des animaux présentent, au moment du maximum de la constriction rénale, une chasse urinaire accompagnée de contractions urétérales. En outre, sur quatre animaux, nous avons enregistré des contractions antipéristaltiques.

Si, grâce à la respiration artificielle, on permet la survie de l'animal, ces troubles vont régresser, à la condition qu'on ait laissé l'animal respirer de l'air normalement oxygéné. La constriction du rein cède progressivement; le volume de l'organe atteint sa valeur initiale en 6 à 8 minutes; quelquefois, une légère dilatation s'observe secondairement. Vers la 5e minute, les contractions urétérales et l'élimination urinaire reparaissent, faibles d'abord, et très rapidement intenses. Une hyperkinésie et une polyurie réactionnelles, persistant une dizaine de minutes, s'observent fréquemment. Dans tous les cas, après l'épreuve d'anoxémie, les urines ont montré la présence de traces d'albumine et de fortes quantités de sucre.

Pour des taux d'oxygène un peu plus élevés, les mêmes phénomènes s'observent. Avec 3,4 % et 4 % d'oxygène, l'apnée survient en 10 à 30 minutes; la constriction rénale est assez précoce, mais la paralysie urétérale et l'anurie sont d'apparition tardive. Enfin, avec un taux d'oxygène permettant une survie indéfinie de l'animal, les phénomènes ont été observés d'une façon inconstante : tel chien les présente après une demi-heure de respiration dans une atmosphère comportant un taux

d'oxygène de 6,4 %, et tel autre continue à uriner normalement avec un taux de 4 % seulement.

Reste à discuter le mécanisme de ces manifestations rénales et urétérales. Nous n'avons pas manqué d'opérer sur des chiens surrénalectomisés. Cette ablation n'empêche pas l'apparition de l'anurie et de la paralysie urétérales. L'état des pneumogastriques ne paraît jouer aucun rôle : un chien à nerfs vagues sectionnés se comporte comme un animal intact.



Chien de 21kg. — Chloralosé depuis une heure. Respiration dans une atmosphère contenant 4 % d'oxygène; apnée, respiration artificielle et respiration spontanée à l'air ordinaire. — De haut en bas : 1° tracé oncographique du rein gauche; 2° stalagmographie; 3° contractions de l'uretère droit; 4° tracé respiratoire; 5° tracé de la pression artérielle; 6° temps en secondes et zéro du tracé de pression.

L'ensemble de ces faits, mis en évidence sur le tracé ci-dessus, montre qu'il faut penser à une souffrance du rein au cours de l'anoxémie.

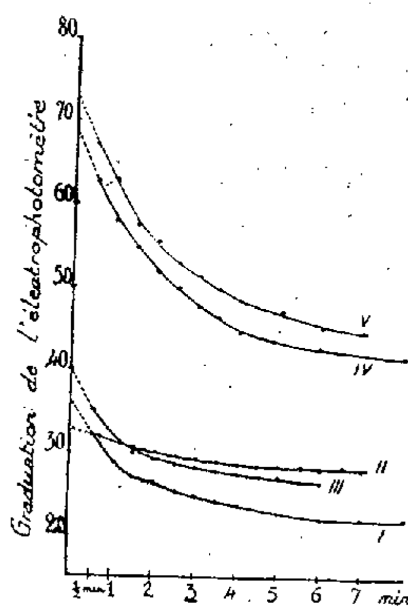
CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la faible accumulation de la vitamine* A *dans l'œuf de Poule et dans le foie de Poussin*. Note (¹) de Mme **Madeleine Vermes**, MM. **Paul Meunier** et **Yves Raoul**, présentée par M. Maurice Javillier.

On sait que le jaune d'œuf renferme à la fois des caroténoïdes, lutéine et zéaxanthine principalement, et de la vitamine A (²). L'étude cinétique de

(¹) Séance du 2 octobre 1939.
(²) R. Kuhn et A. Smakula, *Zeit. f. physiol. Chem.*, 197, 1931, p. 161.

la réaction de Carr et Price, effectuée sur la fraction insaponifiable du jaune d'œuf selon la technique déjà décrite ([3]), fournit des résultats tout à fait caractéristiques d'un tel mélange.

Le mélange de lutéine 70 % et zéaxanthine 30 %, proportions rencontrées dans le jaune d'œuf ([2]), donne avec le réactif de Carr et Price une coloration bleue dont l'intensité, mesurée avec l'écran jaune de l'électrophotomètre de l'un de nous ([4]), décroît très légèrement pendant les quatre premières minutes (courbe II). L'addition à ce mélange d'une petite



I. Vitamine A. — II. Zéaxanthine (30 %) et lutéine (70 %). — III. Mélange de (I) et (II). — IV. Extrait de jaune d'œuf. — V. Extrait de foie de Poussin.

quantité de vitamine A, sous forme d'insaponifiable purifié de foie de poisson, se révèle par une chute brusque de la courbe cinétique suivie d'un ralentissement de la pente entre la deuxième et la quatrième minute (courbe III). L'extrait chloroformique du jaune d'œuf préalablement desséché par SO^4Na^2 anhydre fournit dans les mêmes conditions une courbe du même type, telle que IV. La même technique d'extraction et d'analyse appliquée au foie de poussin permet de construire une courbe telle que V tout à fait superposable à la précédente.

Par cette méthode, qui se prête très bien aux déterminations quantitatives (Meunier et Raoul, *loc. cit.*), nous avons trouvé de 300 à 800 U. I. de vitamine A par œuf. Ces chiffres extrêmes comprennent la plupart des valeurs obtenues selon des méthodes biologiques par de nombreux

---

([3]) P. Meunier et Y. Raoul, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 20, 1938, p. 861.
([4]) P. Meunier, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 19, 1937, p. 113.

auteurs ([5]). Plus précisément nous avons trouvé jusqu'à 5100 U. I. de vitamine A par 100^g de jaune dans des œufs provenant de Poules bien nourries, et toujours moins de 2500 U. I. dans un lot provenant de poules à peu près complètement privées de verdure.

Une cuisson de 6 minutes dans l'eau bouillante n'abaisse pas la teneur moyenne en vitamine A du jaune d'œuf. Enfin le degré de coloration du jaune est indépendant de sa teneur en vitamine A, comme Munsell l'a déjà signalé ([6]).

Après éclosion de ces œufs, mis à la couveuse, on ne retrouve dans le foie des poussins de 3 jours que le *tiers* en moyenne de la quantité de vitamine A du jaune. Si l'on met ces Poussins au régime carencé d'Elvehjem ([7]) additionné de sable grossier et d'une petite quantité de calciférol, on constate qu'à partir du 8ième jour toute trace de vitamine A décelable par notre méthode a disparu du foie. D'ailleurs la carence se manifeste extrêmement vite : sur 40 Poussins à l'origine, 11 seulement étaient encore en vie au 22e jour et leur poids moyen était de 85^g, contre 115^g pour les Poussins qui avaient reçu de la vitamine A. Enfin aucun Poussin n'a survécu à 26 jours de régime privé de facteur A.

Ainsi les réserves naturelles en vitamine A du jaune de l'œuf et du foie de Poussin apparaissent bien faibles si on les compare aux besoins de ces animaux, que nous pouvons fixer, d'après nos expériences, entre 10 et 20 U. I. par jour, de l'éclosion à l'âge de 5 semaines. En outre, l'examen des foies de Poussins sacrifiés un à deux jours après l'ingestion ou même l'injection de hautes doses de vitamine A (de 700 à 2800 U. I. en une fois) nous a révélé l'extrême petitesse des réserves ainsi provoquées : en aucun cas le foie n'a retenu *le dixième* de la quantité administrée. Après 11 jours nous n'avons pu déceler aucune trace de vitamine A dans le foie des animaux traités. Les mêmes effets ont été observés en substituant le carotène à la vitamine A ([8]). Ces résultats sont essentiellement différents de ceux qu'ont obtenus Davies et Moore ([9]) sur le Rat qui retient de 40 à 75 % de la

([5]) Le relevé en a été fait en 1937 par Daniel et Munsell, in *Vitamin Content of foods*, 1 vol., 175 p., Washington.

([6]) *J. Am. Med. Assoc.*, **111**, 1938, p. 245.

([7]) *Journ. of Biol. Chem.*, **97**, 1932, p. 76.

([8]) Notons que la lutéine administrée à des poussins carencés n'a pas donné lieu à l'apparition de vitamine A.

([9]) *Biochem. Journ.*, **28**, 1934, p. 288.

quantité de vitamine A ingérée et de ceux de Foot, Golding et Kon sur le porc, qui en retient 30 % [10].

On voit donc que le pouvoir d'accumulation de la vitamine A par le foie de Poussin est, comparé à celui du foie des Mammifères, très faible, d'où cette conséquence pratique : la vitamine A doit être administrée au Poussin par petites doses fréquentes et non en une dose massive unique, comme il a été recommandé [10] pour l'élevage du Porc [11].

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action cancérigène d'un tissu autolysé de léprome humain sur la glande interstitielle du testicule du Rat.* Note [1] de M. **Albert Peyron** et de Sœur **Marie-Suzanne**, présentée par M. Louis Martin.

Quatre Rats mâles adultes ont reçu dans le testicule 1/10e de centimètre cube d'une émulsion d'un léprome prélevé sur l'oreille d'un lépreux de 32 ans atteint depuis 12 ans d'une lèpre mixte du type $N^1 L^2$.

Deux femelles ont reçu quatre injections d'une même quantité dans les régions inguinale ou et axillaire. Le léprome avait été coupé en fragments laissés dans l'eau distillée; 50 jours après ils furent broyés pour préparer l'émulsion. Les frottis de celle-ci montraient de nombreux bacilles de Hansen, les ensemencements sont restés négatifs.

On a comparé les coupes histologiques des fragments frais et autolysés; ces derniers avaient subi une nécrose incomplète, les éléments cellulaires restaient encore reconnaissables et montraient des bacilles beaucoup plus nombreux que dans les fragments fixés à l'état frais. Ce fait établit la multiplication des bacilles dans le tissu autolysé. Les femelles n'ont présenté aucune lésion spéciale en dehors du granulome banal de résorption.

Des quatre mâles, deux développèrent des tumeurs visibles dès le troisième mois; chez le premier, sacrifié 119 jours après l'injection, le scrotum

---

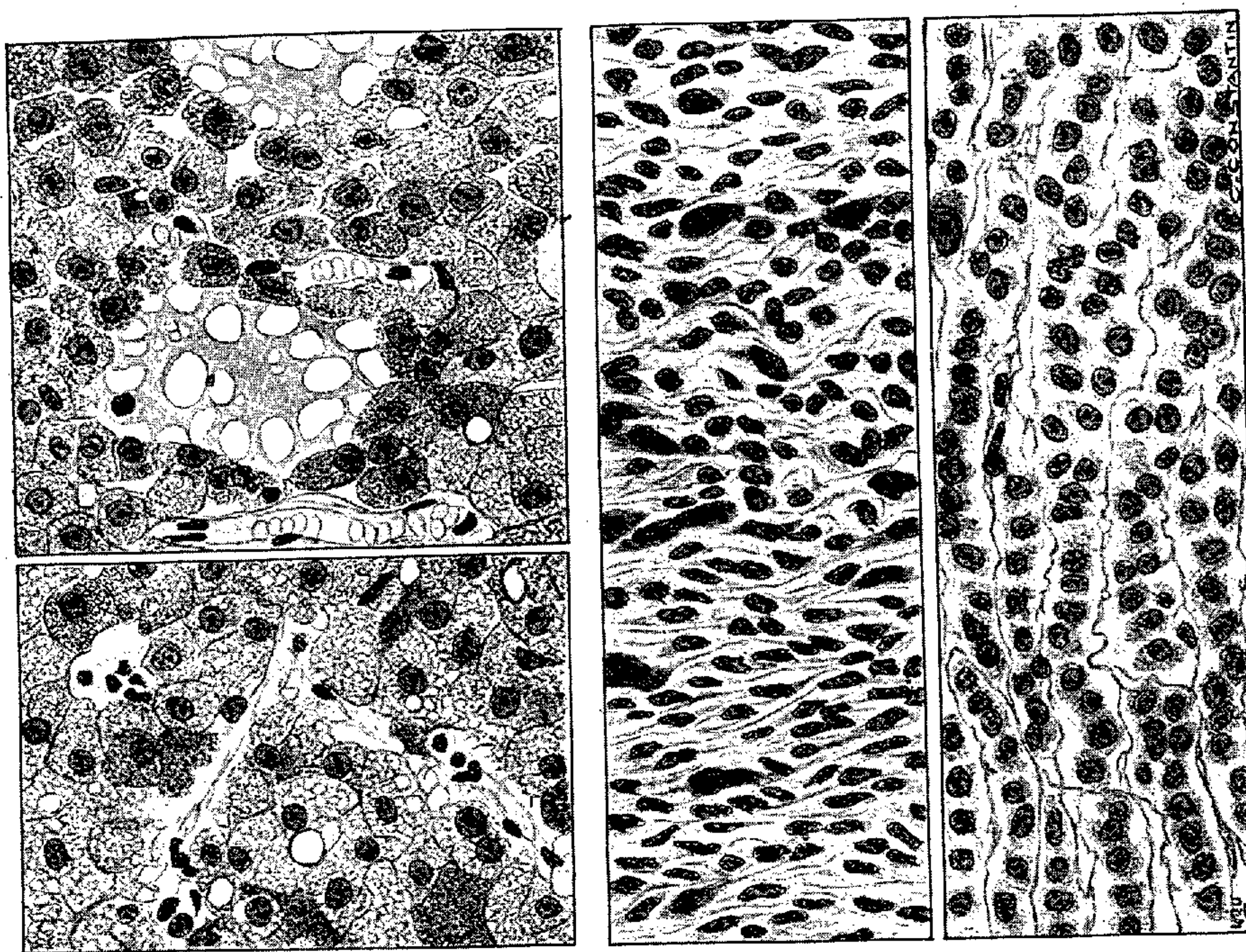
[10] *The Vitamin Requirements of Pigs,* 1 vol., 68 p., Reading, 1938.

[11] Ce travail a été réalisé grâce au Dr G. Lissot qui nous a fourni tout le matériel d'étude.

[1] Séance du 2 octobre 1939.

était distendu par une masse atteignant le volume de la tête de l'animal et débordant la cavité pelvienne par un prolongement abdominal; sa structure était jaunâtre ou grisâtre suivant les points, sa consistance demi-molle; le poumon droit montrait un nodule métastatique sous-pleural de $2^{cm},5$ de longueur.

Histologiquement, les dispositions de la tumeur testiculaire et de sa métastase sont analogues à celles des tumeurs des cellules interstitielles



A gauche, deux zones différentes de la tumeur du Rat 2. Les éléments néoplasiques présentent les caractères cytologiques des cellules interstitielles normales; la seule particularité de la morphologie néoplasique étant la présence de cavités d'aspect glanduliforme à contenu variable. (Bouin, trichrome de Masson). — Au milieu, tumeur maligne du Rat 1. Zone fortement dédifférenciée d'aspect sarcomatiforme. — A droite, même tumeur. Zone dans laquelle les éléments néoplasiques disposés en petits cordons conservent les caractères cytologiques de l'interstitielle. (Bouin, hématoxyline ferrique, van Gieson.)

du Chien récemment étudiées par Peyron, Blanchard et Salomon ([2]), mais avec une dédifférenciation beaucoup plus marquée en rapport avec la malignité. Les dispositions de la figure et sa légende nous dispensent de toute description.

([2]) *Bull. Ass. franç. pour l'étude du Cancer*, 25, III, 1936, p. 427.

Chez le second Rat, les deux testicules avaient reçu l'injection à des dates différentes. Le gauche, extirpé au bout de 243 jours, était augmenté de volume; la section montra une tumeur occupant les deux tiers de l'organe. Dans le testicule droit, l'injection avait été pratiquée plus tard (4 mois et demi), l'animal fut sacrifié au bout de 121 jours; les lésions moins anciennes étaient encore à l'état de petits nodules isolés. Histologiquement la dédifférenciation était moins marquée, les éléments interstitiels gardant leurs caractères cytologiques normaux. Dans les tumeurs des deux animaux, les bacilles de Hansen n'ont pu être retrouvés. D'autre part, les divers essais de greffe de la seconde tumeur du deuxième Rat sont restés négatifs.

Quoi qu'il en soit, l'extrême rareté des tumeurs spontanées de la glande interstitielle, dont aucun cas probant n'a encore été observé chez le Rat, ne laisse aucun doute sur l'action cancérigène exercée par le tissu lépromateux dans notre expérience. Elle peut être attribuée soit au bacille lui-même, soit aux produits d'autolyse du léprome. Ni l'une ni l'autre de ces hypothèses ne saurait être considérée comme satisfaisante dans l'état actuel de nos connaissances sur le cancer expérimental. Toutefois, en faveur de la première, on peut déjà invoquer une observation restée également isolée, celle d'une tumeur de Rat, bien connue, le sarcome de Jensen, dont l'apparition fut de même provoquée par l'injection de bacilles acido-résistants provenant d'une pseudo-tuberculose intestinale du Bœuf.

La séance est levée à 15h10m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 24 juillet 1939.)

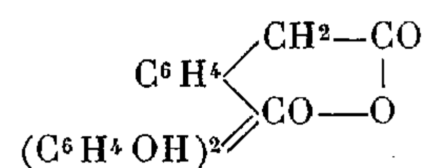
Note de MM. *Buu-Hoi* et *Lin-che-Kin*, Structure et absorption de l'acide *o*-phtalaldéhydique :

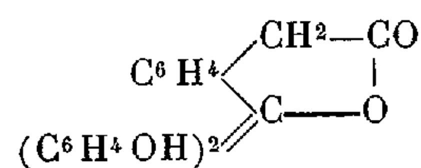
Page 221, ligne 10 en remontant, *au lieu de* γ-éthers, *lire* ψ-éthers.

(Séance du 31 juillet 1939.)

Note de M. *Buu-Hoi*, Sur l'homophtaléine du phénol :

Page 322, formule (II),

au lieu de 

lire 

Note de M. *Émilien Pâquet*, Sur les nodosités radicales de *Datisca cannabina* L. : leur endophyte et les réactions cellulaires qui l'accompagnent :

Page 330, ligne 3, *au lieu de* Eugène Paquet, *lire* Emilien Pâquet.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 16 OCTOBRE 1939.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE BÉHAL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le tome 207 (juillet-décembre 1938) des *Comptes rendus* est en distribution au Secrétariat.

M. **Marc Tiffeneau**, au nom de Mme Hermann Laurent, fait don à l'Académie, pour ses Archives, du manuscrit de la *Méthode de Chimie*, d'Auguste Laurent, Correspondant de l'Académie, publiée après la mort de celui-ci, en 1854.

Cet Ouvrage, qui a fait époque dans l'Histoire de la Chimie, contient toutes les données de l'œuvre réformatrice accomplie par Laurent et Gerhardt.

PHYSIOLOGIE. — *La glycémie chez le cobaye et le lapin sous l'influence du venin de cobra.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Radu Vladesco.**

L'action des venins de serpents sur les animaux supérieurs et sur l'homme est très complexe; elle résulte de ce que ces sécrétions renferment de multiples substances, parmi lesquelles on en a déjà distingué qui provoquent l'altération des globules rouges, la coagulation ou l'hydrolyse de certains protéides, la saponification partielle de la lécithine, la mise en liberté de l'acide phosphorique inclus dans les composés nucléiques, etc. Amenées au contact du sang et des tissus, ces substances provoquent, directement ou indirectement, des séries de symptômes, variables à la fois selon leur origine et selon les espèces animales auxquelles elles sont inoculées.

Au cours d'expériences entreprises en vue d'obtenir des éclaircissements sur le mécanisme intime de l'intoxication par le venin de cobra, nous

avons reconnu un symptôme qui n'avait pas encore été signalé, c'est une augmentation importante de la teneur du sang en glucose.

Nos expériences ont été effectuées sur deux espèces animales, le cobaye et le lapin, très voisines au point de vue zoologique, mais dont le comportement avec le venin étudié est néanmoins, à certains égards, bien différent.

Tout d'abord les deux rongeurs en question n'ont pas la même sensibilité générale au venin : le cobaye est moins résistant que le lapin. Par exemple, alors qu'une dose de $4^{mg},23$ d'un échantillon de venin a déterminé la mort de 1000^{g} de lapin en une heure et demie, il en a suffi de $1^{mg},35$ pour tuer 1000^{g} de cobaye en une demi-heure.

Ensuite il y a une différence remarquable entre les deux espèces animales quant aux symptômes consécutifs à l'inoculation : ces symptômes sont plus variés et plus manifestes chez le cobaye que chez le lapin.

A la suite, en effet, de l'injection sous-cutanée d'une dose léthale de venin de cobra dissoute dans l'eau salée physiologique, on peut noter chez le cobaye de l'agitation, des petits cris, des efforts de vomissement, de la salivation, des hoquets, du hérissement des poils, des mictions répétées, enfin de la paralysie du train postérieur et un refroidissement sensible de la surface du corps avant la mort [1].

Chez le lapin on n'observe aucun de ces phénomènes, mais seulement quelques contractions cloniques peu avant la fin. Le corps du lapin, à l'inverse de celui du cobaye, ne se refroidit pas sensiblement avant la mort, il reste même encore chaud à la main notablement après.

Malgré ces différences, le cobaye et le lapin ont présenté la même modification, soit une forte hyperglycémie, à la suite de l'injection du venin.

Pour apprécier cette modification, le sang a été prélevé directement dans le cœur par piqûre du ventricule et le dosage du sucre a été fait aussitôt, sur un centimètre cube, selon la technique de Baudoin et Lewin [2].

Voici les résultats que nous avons obtenus :

---

(1) De tels symptômes ont été décrits autrefois par l'un de nous (Gab. Bertrand) en collaboration avec C. Phisalix. (Voir notamment *C. R. Soc. Biol.*, 2e série, 3, 1896, p. 858.)

(2) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 9, 1927, p. 280.

Espèce examinée.	Poids (en g).	Venin sec injecté.	Glucose trouvé par litre avant l'inj.	Glucose trouvé par litre après l'inj.	Hyperglycémie mesurée.
		mg	g	g	%
Cobaye ...	630	1,5	0,944	1,115	18,1 (après 1 h. 1/2)
» ...	570	1,4	0,909	1,034	13,7 (» 1 h.)
Lapin.....	2980	1,0	0,686	0,859	25,2 (» 1 h.)
»	–	–	–	0,931	35,7 (» 5 h.)
»	3005	6,0	1,134	1,417	24,9 (» 1 h.)
»	2835	12,0	1,451	1,560	7,5 (» 1 h. 1/2)

Nous avons eu l'idée d'injecter, à titre comparatif, du sérum normal de cheval à d'autres animaux. Le sérum a été pesé à l'état sec, finement pulvérisé et mis en contact avec dix fois son poids d'eau. Après redissolution à peu près complète et sans filtrer, il a été injecté sous la peau. Cette fois, les résultats ont été les suivants :

Espèce examinée.	Poids (en g).	Venin sec injecté.	Glucose trouvé par litre avant l'inj.	Glucose trouvé par litre après l'inj.	Glycémie.
		mg	g	g	%
Cobaye ...	480	4,2	1,014	0,648	–36 (après 1 h.)
Lapin.....	2840	26,0	0,972	1,001	+ 3 (» 1 h.)
»	–	–	–	1,001	+ 3 (» 3 h.)

c'est-à-dire que le sérum a provoqué une forte hypoglycémie chez le cobaye et pratiquement pas d'effet chez le lapin (une différence de 3 % est de l'ordre de grandeur des erreurs expérimentales).

Ainsi nous croyons-nous autorisés à conclure à l'existence dans le venin de cobra d'une substance, non encore signalée, produisant chez le cobaye et chez le lapin une hyperglycémie très marquée. L'étude de ce phénomène, qui présente le caractère avantageux au point de vue expérimental d'être facilement mesurable, permettra sans doute de mieux comprendre le processus complexe de l'envenimation ophidienne, voire de combattre celle-ci avec de plus grandes chances de succès.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Quelques nouvelles remarques sur l'analogie supersonique du champ électromagnétique.* Note de M. **Dimitri Riabouchinsky.**

Nous avons étudié ([1]) des mouvements supersoniques permanents presque rectilignes d'un fluide parfait compressible de vitesse moyenne $\vec{q}_1$

([1]) *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 695-698.

et nous avons démontré que les mouvements ondulatoires G, qu'on obtient en communiquant à toute la masse fluide une vitesse $-\vec{q}_1$, sont régis par des équations formellement semblables à celles du champ électromagnétique dans le vide. Cette démonstration est basée sur l'hypothèse que la valeur du rapport $a = q_1/c$, où c est la célérité du son dans le fluide non perturbé, est suffisamment grande.

Pour donner une interprétation physique de la vitesse q_1, nous avons supposé que le mouvement ondulatoire considéré est déterminé par le mouvement de particules projetées à une vitesse supersonique $-\vec{q}_1$ et nous avons démontré que les oscillations des particules fluides dans le mouvement G tendent à devenir orthogonales à la vitesse $-\vec{q}_1$. Cependant, si l'on fait l'hypothèse que q_1 correspond à la célérité de la lumière et c à la *célérité du son dans l'éther*, on se heurte à une contradiction. En effet, dans les équations

$$(1) \qquad -\frac{1}{c}\frac{\partial \vec{H}}{\partial t} = \operatorname{curl} \vec{E}, \qquad \frac{1}{c}\frac{\partial \vec{E}}{\partial t} = \operatorname{curl} \vec{H},$$

que nous avons obtenues, c'est la vitesse du son c dans le fluide, et non pas la vitesse q_1, qui correspond à la vitesse de propagation des ondes électromagnétiques dans les équations de Maxwell.

Pour lever cette ambiguïté, je donne ci-dessous une autre interprétation de la vitesse q_1, mais je voudrais remarquer préalablement que les équations (6) et (10) de ma Note précitée sont également applicables dans le cas où $q_1/c < 1$ et, dans ces conditions, la vitesse $\vec{q}_1$ pourrait être assimilée à celle de corpuscules.

En revenant au problème que nous nous sommes posé, nous prendrons comme vitesse $\vec{q}_1$ celle d'un point géométrique P déterminé par l'intersection du support de ce vecteur avec une, deux ou, en général, n paires d'ondes planes conjuguées. La vitesse de propagation de ces ondes est c et deux ondes conjuguées forment, à tout instant, respectivement les angles β et $-\beta$ avec le vecteur $\vec{q}_1$. La droite d'intersection de deux pareilles ondes est perpendiculaire à ce vecteur. On a $q_1 = c/\sin\beta$ et, par conséquent, la vitesse $q_1 \to \infty$ lorsque $\beta \to 0$. En effectuant un passage à la limite, on démontre rigoureusement les équations (1) sans avoir recours à l'hypothèse de corpuscules et la vitesse q_1, qui ne joue alors qu'un rôle auxiliaire dans la démonstration, ne figure plus dans les équations (1).

Pour illustrer cette remarque, considérons la solution particulière des

équations (1) donnée au bas de la page 697 de la Note précitée. Le paramètre h figurant dans cette solution est un paramètre arbitraire ayant la dimension d'une longueur. En posant

$$h = a'\lambda = (a^2 - 1)^{\frac{1}{2}}\lambda \to a\lambda, \qquad a = \frac{q_1}{c},$$

en représentant par $a_1\ b_1\ c_1$ les cosinus des angles que fait la vitesse q_1 avec les directions Ox, Oy, Oz et en constatant, que lorsque $a \to \infty$, $f \to 0$, mais que le produit $H = af$ conserve une valeur bien déterminée, nous transformons comme suit la solution que nous venons de rappeler :

$$H = \lim_{a \to \infty} af = \sin 2\pi \frac{ct}{\lambda}\left(\sin 2\pi \frac{y'}{\lambda} + \sin 2\pi \frac{z'}{\lambda}\right),$$

$$H_x = a_1 H, \qquad H_y = b_1 H, \qquad H_z = c_1 H,$$

$$E_x = a_3 f_1 - a_2 f_2 = \cos 2\pi \frac{ct}{\lambda}\left(a_3 \cos 2\pi \frac{y'}{\lambda} - a_2 \cos 2\pi \frac{z'}{\lambda}\right),$$

$$E_y = b_3 f_1 - b_2 f_2 = \cos 2\pi \frac{ct}{\lambda}\left(b_3 \cos 2\pi \frac{y'}{\lambda} - b_2 \cos 2\pi \frac{z'}{\lambda}\right),$$

$$E_z = c_3 f_1 - c_2 f_2 = \cos 2\pi \frac{ct}{\lambda}\left(c_3 \cos 2\pi \frac{y'}{\lambda} - c_2 \cos 2\pi \frac{z'}{\lambda}\right),$$

$$y' = a_2 x + b_2 y + c_2 z, \qquad z' = a_3 x + b_3 y + c_3 z.$$

αH est le potentiel des vitesses du mouvement fluide considéré.

Ces équations, déterminant un système d'ondes stationnaires dans un fluide compressible, vérifient effectivement les équations (1) du champ électromagnétique dans le vide. On peut interpréter ces ondes stationnaires comme étant produites par deux systèmes d'ondes planes respectivement parallèles aux plans $y' = \lambda/4$ et $z' = \lambda/4$ et se réfléchissant sur ces derniers.

La pression exercée par unité de surface sur ces plans peut être également calculée en restant dans le cadre de l'analogie supersonique du champ électromagnétique, qui paraît être très profonde et peut être généralisée.

M. L. **Roy** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire *Sur les actions magnétiques, électriques, électrodynamiques et électromagnétiques dans les corps rigides ou déformables.*

CORRESPONDANCE.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les courbes planes de l'espace attaché à l'opérateur* Δ_3.
Note de M. **Pierre Humbert**, présentée par M. Henri Villat.

De curieux résultats peuvent être obtenus sur les courbes d'un plan où l'on supposerait la distance de deux points (x, y), (x_0, y_0), donnée par $[(x-x_0)^3+(y-y_0)^3]^{1/3}$: c'est, on le voit, le cas du plan des xy dans l'espace attaché à l'opérateur Δ_3, considéré par M. Devisme et par moi-même [1], plan qui possède trois directions *isotropes*, $x^3+y^3=0$.

On commencera par définir, dans ce plan, la *conjugaison harmonique* comme il suit : soient, sur une même droite, trois points A_1, A_2, A_3, et un point A : on dira que B est *conjugué harmonique* de A par rapport à A_1, A_2, A_3, si l'on a

$$\frac{1}{AA_1}+\frac{1}{AA_2}+\frac{1}{AA_3}=\frac{3}{AB}.$$

La notion de *faisceau harmonique* de cinq directions s'en déduit aussitôt.

On définira alors l'*orthogonalité :* une direction μ' sera *orthogonale* à la direction μ si μ' est *conjuguée harmonique* de μ par rapport aux trois directions *isotropes*. La relation d'*orthogonalité* étant $\mu'\mu^2=-1$, on voit qu'à μ on pourra associer une *deuxième direction orthogonale*, μ'', donnée par $\mu\mu''^2=-1$. Il existera de même, en un point d'une courbe, une *première* et une *deuxième normale*.

Enfin on passera à la notion de *bissectrice d'un faisceau de trois droites :* direction telle que sa *conjuguée* par rapport aux trois droites lui soit *orthogonale*.

Ces définitions éclairent d'un jour nouveau la théorie de certaines cubiques, qui, dans le plan ordinaire, sont de peu d'intérêt, mais qui, dans le plan étudié, se trouvent généraliser de façon directe et intéressante les coniques ordinaires. Ainsi, pour ne citer que quelques exemples :

---

(1) Jacques Devisme, *Ann. Fac. Sc. Toulouse*, 3e série, 25, 1933, p. 143-238; *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1543; *ibid.*, 208, 1939, p. 1773; Pierre Humbert, *Ibid.*, 208, 1939, p. 1965.

a. Dans la parabole cubique $y^3 = 3p^2x$, la *seconde sous-normale* est constante. La courbe possède, sur l'axe des x, deux *foyers*, c'est-à-dire deux points d'où l'on peut lui mener trois tangentes *isotropes*; la tangente en un point quelconque de la courbe est *bissectrice* du faisceau formé par les deux rayons vecteurs et la parallèle à l'axe des x.

b. Dans la parabole semi-cubique $y^3 = 3px^2$, la *première sous-normale* est constante. Il y a, sur l'axe des x, un *foyer* unique, et la tangente en un point est *bissectrice* du faisceau formé par le rayon vecteur et par la parallèle à l'axe des x comptée deux fois.

c. Dans la courbe $x^3 + y^3 = a^3$, lieu des points *équidistants* de l'origine, la *seconde normale* passe constamment par l'origine.

Nous comptons développer ces résultats dans un autre Recueil.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Extensions stochastiques des notions de série, d'intégrale et d'aire*. Note de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Émile Borel.

1. Soit une série semi-convergente Σu_h; à chaque u_h faisons correspondre un *poids* positif α_h (α_h tendant vers zéro pour h infini). Si $\Sigma\alpha_h$ est fini, choisissons au hasard parmi les u_h un *premier terme* U_1, les probabilités attribuées aux différents u_h étant proportionnelles à leurs poids; écartant le terme choisi, nous choisirons de la même manière un *second terme* U_2; et ainsi de suite. Si $\Sigma\alpha_h$ est infini, nous opérerons d'une manière analogue, à cela près que, pour le choix de U_n, nous écarterons, en plus des termes choisis, ceux dont les poids sont inférieurs à un nombre $\overline{\alpha}_n$ tel que les poids conservés aient une somme ≥ 1, mais à cela près aussi petite que possible.

Dans les deux cas, il est presque sûr que la suite des U_n comprend tous les u_h. Posons $S_n = U_1 + U_2 + \ldots + U_n$; il existe deux nombres s' et s'' (non aléatoires, finis ou infinis) tels que

$$\Pr\left\{\liminf_{n\to\infty} S_n = s',\ \limsup S_n = s''\right\} = 1.$$

Si s' et s'' ont une même valeur finie s, nous dirons que la série Σu_h est *stochastiquement convergente, pour les poids* α_h; s est sa *somme stochastique*.

Exemple. — $u_h = (-1)^{h-1}/h$ $(h = 1, 2, \ldots)$, $\alpha_h = [1 - (-1)^h\beta_h]/h$;

$$\text{si } \beta_h = c \quad (|c| < 1), \qquad s' = s'' = \log 2 + \frac{1}{2}\log\frac{1+c}{1-c},$$

$$\text{si } \beta_h = \frac{1}{3}\sin\log\log(h+1), \qquad s' = \frac{1}{2}\log 2 < s'' = \frac{3}{2}\log 2.$$

2. Soit $M(t)$ un point dépendant d'une manière continue d'un paramètre t; désignons par $X(t)$, $Y(t)$, $Z(t)$ ses coordonnées, et par C la courbe qu'il décrit quand t varie de zéro à un. Choisissons au hasard entre o et 1 des nombres $t_1, t_2, \ldots, t_n, \ldots$, indépendants les uns des autres, la probabilité étant pour chaque choix répartie d'une manière uniforme dans l'intervalle (o, 1). Désignons par L_n la ligne polygonale inscrite dans C ayant pour sommets, entre $M(0)$ et $M(1)$, les $n-1$ premiers points $M(t_\nu)$ rangés dans l'ordre des t croissants.

L'*intégrale stochastique*

$$I = \int_C P\,dX + Q\,dY + R\,dZ,$$

où P, Q, R sont des fonctions de X, Y, Z continues à la Lipschitz, sera par définition la limite presque sûre, pour n infini, de l'intégrale I_n étendue à la ligne L_n. Il peut arriver que cette intégrale existe dans des cas où la notion classique d'intégrale n'a pas de sens; il existe alors des modes de division de l'intervalle (o, 1) pour lesquels I_n ne tend pas vers I; mais ils sont exceptionnels.

La courbe aléatoire du mouvement brownien réalise cette circonstance avec une probabilité unité (¹); on peut aussi en nommer des exemples non aléatoires.

Il peut arriver aussi qu'il y ait seulement une *intégrale stochastique généralisée*, définie comme limite presque sûre d'une moyenne de la forme

$$\mu_n = \frac{(\alpha_1 I_1 + \alpha_2 I_2 + \ldots + \alpha_n I_n)}{(\alpha_1 + \alpha_2 + \ldots + \alpha_n)},$$

les α_ν étant positifs.

3. La notion qui précède s'applique en particulier à l'aire entourée par une courbe plane fermée, ou à celle comprise entre un arc de courbe et sa corde. Nous avons consacré un travail antérieur (envoyé récemment à un autre Recueil) à l'étude de l'aire ainsi limitée par la courbe du mouvement brownien plan. Dans le cas de la courbe de Hilbert qui remplit un triangle rectangle isocèle, on peut de même parler de l'aire stochastique généralisée comprise entre la courbe et sa corde (en prenant $\alpha_n = 1/n$).

Si C est une courbe plane fermée de mesure superficielle nulle, on peut

---

(¹) Dans ce cas les fonctions $X(t)$, $Y(t)$, $Z(t)$ ne sont pas à variations bornées. Cela montre bien que notre intégrale I a un sens dans des cas où l'intégrale de Stieltjes n'existe pas.

définir d'autres extensions stochastiques de l'aire entourée par C, qui ne dépendent pas comme la précédente du choix d'une représentation paramétrique. Il n'y a qu'à la définir par la formule

$$S = \Sigma \varepsilon_k n_k \sigma_k,$$

où, pour chacune des régions entourées par C, σ_k représente son aire (comptée positivement), et $\varepsilon_k n_k$ ($\varepsilon_k = \pm 1$, n_k entier $\geqq 0$) le nombre de tours décrit par C autour de cette région (c'est-à-dire que $2\pi\varepsilon_k n_k$ est la variation de l'angle polaire d'un point décrivant C, si l'origine est intérieure à cette région). On peut, pour fixer les idées, supposer qu'à chaque aire σ_k correspondent n_k termes u_h égaux à $\varepsilon_k \sigma_k$, et leur attribuer un même poids égal à σ_k; il peut alors arriver que la somme $S = \Sigma u_h$ soit stochastiquement convergente, au sens du nº 1, mais non absolument convergente.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'extension des systèmes différentiels aux espaces métriques.* Note de M. **Marcel Godefroy**, présentée par M. Henri Villat.

L'intégration de l'équation différentielle

$$\frac{dx}{dt} = f(x, t) \tag{1}$$

peut se concevoir ainsi : soit τ_h la famille à un paramètre de transformations menant de $P(x, t)$ à $P'(x', t')$ lorsque

$$t' = t + h, \quad x' = x + hf(x, t).$$

Pour P fixe, le point $P' = \tau_h P$ décrit une demi-droite $\Delta(P)$ si $h > 0$ varie. J'appelle intégrale à droite de τ_h sur l'intervalle $(t_0 t_1)$ une courbe $x(t)$ continue admettant $\Delta(P)$ pour demi-tangente à droite tant que $t_0 \leqq t \leqq t_1$.

I. Je généralise cette notion en remplaçant les droites $t =$ const. par des champs E_t affectés d'une métrique de M. Fréchet (soumettant à l'inégalité du triangle la distance $\| P_t Q_t \| = \| Q_t P_t \|$ entre deux points P_t et Q_t d'un même E_t, points regardés comme confondus si $\| P_t Q_t \| = 0$). On définit une trajectoire $\{ P(t) \}$ sur l'intervalle $(t_0 t_1)$ en attachant un point P_t de E_t à tout t tel que $t_0 \leqq t \leqq t_1$. Une loi conduisant à un point P' de E_{t+h}, lorsqu'on donne arbitrairement h réel et P sur un E_t quelconque, caractérise une famille de transformations τ_h telles que $P' = \tau_h P$. Pour définir l'intégrale

à droite de τ_h, j'admets l'existence d'une classe Φ de trajectoires telle que $\| P_t Q_t \|$ soit fonction continue de t si $\{ P(t) \}$ et $\{ Q(t) \}$ sont de classe Φ. Une trajectoire de classe Φ sera une intégrale à droite de τ_h sur l'intervalle $(t_0 t_1)$ si $(1/h) \| P_{t+h}, \tau_h P_t \|$ tend vers zéro avec $h > 0$, pour tout t tel que $t_0 \leqq t \leqq t_1$, et une pré-intégrale à droite à γ près si ce rapport admet une limite supérieure égale au plus à γ. Deux familles τ_h et τ'_h s'équivalent si $(1/h) \| \tau_h P, \tau'_h P \|$ tend vers zéro avec h, quel que soit P. Elles ont alors les mêmes pré-intégrales à γ près et les mêmes intégrales.

II. Voici des conditions suffisantes pour l'existence et l'unicité de l'intégrale à droite de τ_h issue de P_{t_0} et définie sur l'intervalle $(t_0 t_1)$:

a. On peut mener, par P_{t_0}, une suite illimitée de trajectoires

$$\{ P_1(t) \} \ldots \{ P_n(t) \} \ldots,$$

telles que $\{ P_n(t) \}$ soit une pré-intégrale à droite de τ_h à $1/n$ près sur $(t_0 t_1)$; cette suite converge uniformément, selon notre métrique, vers une trajectoire $\{ P(t) \}$.

b. La limite d'une suite uniformément convergente de pré-intégrales à γ près est une pré-intégrale à γ près.

Des hypothèses a et b résulte l'existence d'une intégrale issue de P_{t_0}. Soit alors $f(x, t)$ une fonction réelle du point x, t continue sur le rectangle

$$t_0 \leqq t < t_1, \qquad 0 \leqq u < U,$$

et telle que l'intégrale supérieure de (1) issue du point $x = 0$, $t = t_0$ soit nulle sur $(t_0 t_1)$. Indépendamment de a et b, deux intégrales à droite de τ_h, $\{ P(t) \}$ et $\{ Q(t) \}$, issues de P_{t_0}, sont confondues sur $(t_0 t_1)$ si :

c. Pour toute valeur de t telle que

$$t_0 \leqq t < t_1, \qquad \| P_t Q_t \| < U$$

[P_t et Q_t étant les intersections de $\{ P(t) \}$ et $\{ Q(t) \}$ avec E_t], la limite supérieure de

$$\frac{1}{h} (\| \tau_h P_t, \tau_h Q_t \| - \| P_t Q_t \|) - f(\| P_t, Q_t \|, t)$$

est $\leqq 0$ si h positif tend vers zéro.

Notons que c généralise une condition d'unicité de l'intégrale due à M. P. Montel [1] et que b se réduit pratiquement pour (1), avec $f(x, t)$ continue, à l'énoncé d'un théorème établi par M. S. K. Zaremba [2].

---

(1) *Bull. des Sc. math.*, 2e série, 50, 1926, p. 205-217.
(2) S. K. Zaremba, *Bull. des Sc. math.*, 2e série, 60, 1936, p. 144 (théorème II, 6).

III. Si c est vérifiée, les conditions suivantes entraînent a et b, et par là-même l'existence de l'intégrale :

d. Chacun des E_t est complet en soi;

e. Si la classe Φ contient une suite uniformément convergente de trajectoires, elle contient aussi sa trajectoire d'accumulation;

f. Quel que soit $\gamma > 0$, on peut mener, par tout point $P_{t'_0}$ tel que $t_0 \leqq t'_0 < t_1$, une pré-intégrale à droite de τ_h à γ près, sur un intervalle d'extrémité à gauche t'_0. Pour une valeur Λ de λ, cet intervalle est $(t'_0 t_1)$.

Pratiquement, cette dernière condition sera réalisée avec la trajectoire de $P' = \tau_h P$ elle-même. Nous atteignons ainsi, d'une façon simple et précise, un objet répondant au but de M. G. Aumann dans une publication récente (³).

ÉLECTROCHIMIE. — *Recherches sur l'électrolyse du cyanate de potassium à l'état fondu.* Note (¹) de MM. **A. Perret** et **J. Riethmann.**

L'action du courant électrique sur les solutions aqueuses ou méthyl-alcooliques de cyanate a déjà fait l'objet de quelques travaux, mais sur ce sel à l'état fondu ce ne semble pas avoir été le cas.

L'existence de l'oxycyanogène, démontrée par sa synthèse (²), fait prévoir la possibilité de sa formation au cours de l'électrolyse, mais en présence d'eau il ne se signale guère que par les propriétés fortement oxydantes de la solution anodique.

L'instabilité de $(OCN)^2$ à la température ordinaire ne laisse, pour sa formation au voisinage du point de fusion du cyanate de potassium, que l'espoir d'en capter les produits de dégradation. Ils résulteront soit d'une oxydoréduction intramoléculaire, soit d'une réaction avec le cyanate, dont nous nous sommes proposé l'étude dans les conditions suivantes :

Les électrolyses sont effectuées dans des récipients en forme de V ou cylindriques à anode axiale, diaphragmée par une cloche de verre. La température est maintenue vers 340° C.

A l'anode, la plupart des métaux présentent un comportement normal, comme le prouvent les pertes de poids conformes à la loi de Faraday. Le platine par contre

(³) *Sitzber. der bay. Akad. der Wissensch.*, 3ᵉ série, **12**, 1938, p. 155-163.

(¹) Séance du 28 août 1939.

(²) Hunt, *Journ. Amer. Chem. Soc.*, **54**, 1932, p. 907.

fait exception, sans présenter toutefois une inaltérabilité suffisante. L'action oxydante de l'oxycyanogène en provoque la dissolution assez rapidement. Mais le charbon graphité se comporte d'une façon suffisamment inerte pour n'amener aucune perturbation dans le mécanisme des réactions accompagnant le passage du courant.

Grâce à la forme de nos électrolyseurs, nous avons constaté aisément qu'aucun gaz ne prend naissance dans le compartiment cathodique. Par contre nous avons pu capter les produits gazeux formés à l'anode. De nombreuses analyses ne nous ont jamais permis d'identifier d'autres composants que N^2, CO^2 et CO.

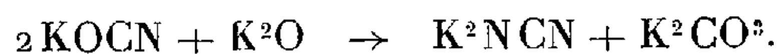
Quant aux transformations subies par l'électrolyte, nous les avons mises en évidence en utilisant des électrolyseurs en forme de W dont les jambages médians sont faits de tubes de petit diamètre. Ils ont permis une séparation précise des produits anodiques et cathodiques.

A la cathode il apparaît un mélange de cyanure, cyanamide et carbonate de potassium, contenant toujours o,5 mol./g de cyanure par faraday. La réaction cathodique s'exprimera électrochimiquement par le schéma



$$\mathrm{KOCN} + 2\mathrm{K} \rightarrow \mathrm{K^2O} + \mathrm{KCN} + 2\mathrm{F}.$$

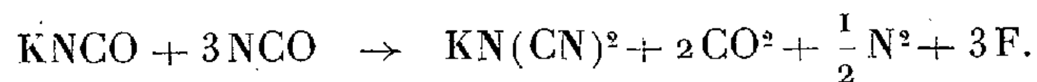
Les teneurs en cyanamide et carbonate, bien que toujours en correspondance équimoléculaire, sont sans relation fixe avec celle du cyanure. Ces composés sont formés par l'action spontanée de l'oxyde de potassium sur le cyanate, représentée par



$$2\mathrm{KOCN} + \mathrm{K^2O} \rightarrow \mathrm{K^2NCN} + \mathrm{K^2CO^3}.$$

La vitesse de cette réaction, qui est inférieure à celle de la réduction du cyanate par le potassium, rend compte du défaut de cyanamide et de carbonate observé régulièrement.

A l'anode nous avons constaté la présence de dicyanimide de potassium accompagnée de son produit de trimérisation, la tricyanomélamine de potassium. Leur formation constitue la réaction principale de la dépolarisation anodique. Elle résulte de l'action de l'oxycyanogène naissant sur le cyanate conformément au schéma



$$\mathrm{KNCO} + 3\mathrm{NCO} \rightarrow \mathrm{KN(CN)^2} + 2\mathrm{CO^2} + \frac{1}{2}\mathrm{N^2} + 3\mathrm{F}.$$

Cette représentation fait considérer l'azote et le gaz carbonique libérés à l'anode comme les sous-produits de cette nouvelle synthèse de la fonction dicyanimide.

La vérification expérimentale des équivalences électrochimiques qu'elle implique, faite après passage de 1850 coulombs à la densité anodique de o,1 amp. par cm^2, nous fournit les valeurs suivantes :

	Dosé.	Calculé.
KCN en mol. par faraday	0,49	0,5
$KN(CN)^2 + [KN(CN)^2]^3$ en mol. par faraday	0,22	0,33
Azote en mol. par faraday	0,19	0,16
CO^2	0,44	0,66

Si la représentation proposée est vérifiée d'une façon très satisfaisante pour la réaction cathodique, les dosages montrent qu'à l'anode la dicyanimide est accompagnée d'autres composés.

La réaction parasite la plus importante a pour origine la diffusion de l'oxyde de potassium, dont la présence rend compte du défaut de gaz carbonique.

Quant à l'oxyde de carbone, il apparaît assez régulièrement à raison de 0,01 à 0,005 mol.-g par faraday.

Son origine probable est la décomposition spontanée du radical oxycyanogène lors d'insuffisance de cyanate au voisinage immédiat de l'anode.

Par la multiplicité des produits qui l'accompagnent, l'électrolyse ignée du cyanate ne peut pas être envisagée comme méthode de préparation de la dicyanimide de potassium. Mais la dépolarisation de l'anode présente le double intérêt de constituer le seul exemple de réaction à température élevée mettant en jeu de l'oxycyanogène et de fournir, dans un électrolyte oxygéné, un sel exempt de cet élément.

LITHOLOGIE. — *Sur la dolomitisation des sédiments calcaires.* Note (1) de M. **A. Rivière**, présentée par M. L. Cayeux.

On sait depuis longtemps (2) que l'eau de mer, mise en présence de carbonate de chaux précipité, amorphe ou cristallin (calcite ou aragonite), s'acidifie, son pH s'abaissant en même temps que la réserve alcaline (excess base), la réserve alcaline pouvant être définie comme la quantité de solution normale d'un diacide fort nécessaire pour neutraliser un litre d'eau de mer en présence d'un indicateur de virage pratiquement insensible à l'acide carbonique (par exemple l'héliantine). Ainsi mesurée, la réserve alcaline correspond essentiellement à la chaux et à la magnésie

(1) Séance du 18 septembre 1939.

(2) W. Dittmar, *Report on the composition of Ocean water*, in *Report of the sientific results of the exploring voyage of* H. M. S. Challenger (*Physics and Chemistry*, **1**, 1884, p. 130).

des carbonates et bicarbonates alcalino-terreux en solution dans l'eau de mer et, pour une part très minime, aux sels d'autres acides faibles (borique, silicique, phosphorique).

Ce phénomène est d'autant plus inattendu que du carbonate de chaux, cristallisé ou non, mais finement pulvérisé, mis dans l'eau distillée, la rend fortement alcaline, élevant son pH jusqu'au delà de 9. On a supposé ([3]) et ([4]) que cette anomalie tient au fait que l'eau de mer normale est toujours sursaturée en carbonate ou bicarbonate de chaux, cette sursaturation cessant en présence des germes cristallins apportés par l'addition de CO^3Ca. A la suite de très nombreuses expériences effectuées au Laboratoire maritime du Collège de France à Concarneau, au cours des étés 1937, 1938 et 1939, j'ai pu me rendre compte que la réalité est plus complexe. Voici l'essentiel des résultats acquis :

1° Lorsque la quantité de carbonate de chaux ajouté à l'eau de mer est minime (de quelques milligrammes à quelques centigrammes par litre), il n'y a pas de variation sensible de la réserve alcaline ni du pH (qui a plutôt tendance à s'élever de quelques centièmes d'unité, ce qui indiquerait une légère dissolution du CO^3Ca). La sursaturation de l'eau de mer en carbonate ou bicarbonate de chaux (si elle est réelle) n'est donc pas une sursaturation ordinaire, que des traces cristallines suffiraient à faire cesser.

2° La baisse de la réserve alcaline, en présence d'un *excès* de CO^3Ca, paraît s'accompagner d'une libération d'acide carbonique qui, en flacon fermé, entraîne un abaissement du pH jusque vers 7,5 ou 7,4 (le pH de l'eau de mer normale étant voisin de 8). Dans ces conditions et à une température voisine de 24°, la réserve alcaline qui est normalement à Concarneau (et avec la méthode de mesure adoptée) de $2^{cm^3},6$, s'abaisse jusque vers 2,1. La réaction est d'ailleurs limitée par l'abaissement du pH (acidification), car si le CO^2 libéré se dégage et surtout s'il est entraîné par barbotage d'air privé de gaz carbonique, la réserve alcaline s'abaisse beaucoup plus, descendant jusque vers 1,3, le pH restant supérieur à 8. Elle peut diminuer encore lorsque le gaz carbonique est utilisé par l'assimilation chlorophyllienne d'algues et, dans une expérience, je l'ai vue descendre jusque vers 1, avec un pH voisin de 9. On notera que dans ces expériences, la quantité de carbonate abandonnée par l'eau de mer est supérieure à une molécule-gramme par mètre cube.

3° Lorsque des fermentations amènent un abaissement du pH de l'eau de mer en présence de sédiments calcaires, on constate souvent une élévation considérable de la réserve alcaline, laquelle peut atteindre 4 et parfois beaucoup plus. Ayant séparé cette eau de mer à forte réserve alcaline du sédiment sur lequel elle reposait, je l'ai

---

([3]) J. F. Mac Clendon, *Proc. Nat. Ac. of Sciences* (U. S. A.), 3, 1917, p. 612.

([4]) R. C. Wells, *Papers from the Department of Biology of the Carnegie Institution*, 9, 1918, p. 316.

soumise à un barbotage d'air décarbonaté en présence de *traces* de CO^3Ca précipité. Le pH s'est relevé de 7,7 jusqu'aux environs de 8 (valeur normale), mais la réserve alcaline est restée élevée, ne s'abaissant que de quelques dixièmes d'unité (de 4,3 à 4).

4° Ces anomalies m'ont amené à penser que le calcium n'était pas seul en cause et que le magnésium jouait un rôle important dans ces phénomènes. Effectivement l'analyse qualitative de carbonate de chaux (dont la pureté avait été vérifiée), resté en contact prolongé avec de l'eau de mer y a montré la présence de traces indiscutables de magnésium. Dans un échantillon resté pendant 11 mois en contact avec de l'eau de mer circulant lentement (mais malheureusement sans le traverser), on a trouvé une quantité de Mg correspondant à une proportion de $CO^3Ca + CO^3Mg$ voisine de 8 %, ce nombre étant probablement sous la dépendance étroite des conditions expérimentales. Inversement, le dosage du Mg (effectué colorimétriquement par la méthode de Denigès et toujours par comparaison avec de l'eau de mer normale) dans l'eau de mer restée en contact prolongé sur du carbonate de chaux, a révélé une diminution notable de ce métal, qui se serait donc fixé sur le carbonate de chaux en expérience. Dans une eau de mer laissée en contact pendant plus d'un mois, en vase clos, avec un excès de CO^3Ca, et dont la réserve alcaline s'était abaissée à $2^{cm^3},1$, la perte en Mg a été de 4/1000ᵉ d'atome-gramme par litre, correspondant à une valeur près de dix fois supérieure à celle que l'on pourrait déduire de la seule baisse de la réserve alcaline : 5/10000ᵉ de molécule-gramme de base.

PHARMACODYNAMIE. — *Sur les effets intestinaux directs et indirects de l'extrait de* Rauwolfia heterophylla *Roem. et Sch.* Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Paul Portier.

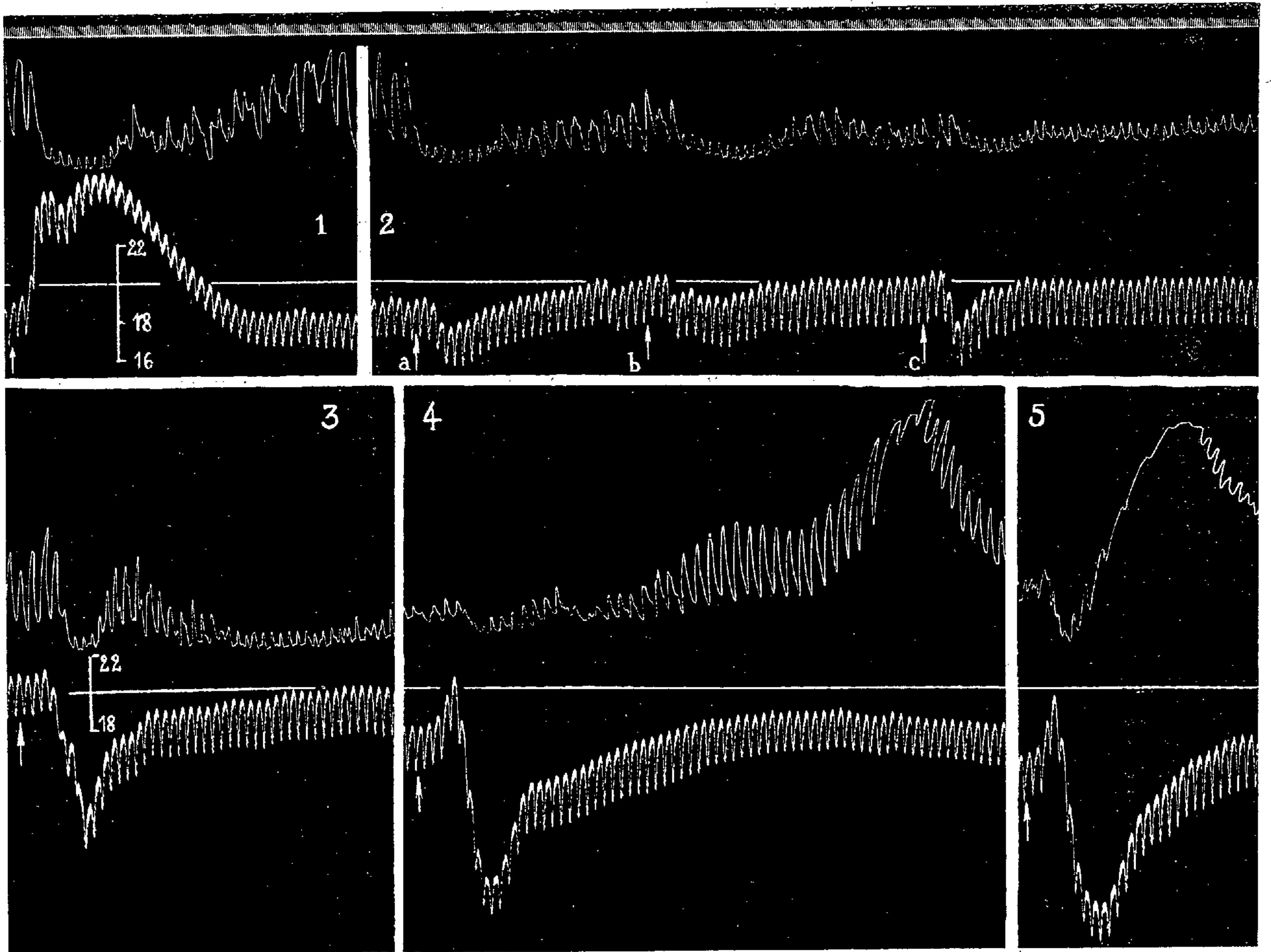
Ayant mis en évidence la similitude de quelques-uns des effets physiologiques de l'extrait aqueux de *Rauwolfia heterophylla* Roem. et Sch. d'une part, de celui de *R. vomitoria* Afz. d'autre part, nous avons voulu savoir si d'autres actions de ces deux extraits sont elles aussi identiques. C'est ainsi que nous avons été amené à constater qu'ils agissent sur l'intestin de façon contraire : alors que, sur cet organe, l'extrait de *R. vomitoria* se montre essentiellement moteur, celui de *R. heterophylla* est surtout inhibiteur.

Injecté à trois reprises, aux doses de $0^{cm^3},10$, de $0^{cm^3},20$, enfin de $0^{cm^3},40$ par kilogramme, l'extrait de *R. heterophylla* [1] a provoqué, chaque fois,

---

[1] L'extrait aqueux injecté a été obtenu en soumettant à une décoction de 3 heures suivie d'une macération de 21 heures, 100^g de poudre de racines et 800^g d'eau distillée. Après filtration sur Buchner, l'extrait ainsi obtenu a été additionné de 8^{mg} de chlorure de sodium par centimètre cube.

en même temps qu'une hypotension légère, une chute du tonus de l'intestin s'accompagnant d'une inhibition de son péristaltisme pendant laquelle les



Expérience du 24 *juin* 1939. — Chien de 25^{kg}, anesthésié par le chloralose (12^{cg} par kg), bivagotomisé au cou et soumis à la respiration artificielle. 1re ligne : temps en secondes; 2e et 5e lignes : contractions de la musculature circulaire de l'intestin grêle enregistrées *in situ* par la méthode du ballon; 3e et 6e lignes : repère de la pression carotidienne à 20^{cm} de Hg; 4e et 7e lignes : variations de la pression carotidienne enregistrées au moyen du manomètre à mercure. Aux points marqués par les flèches, on a injecté, dans la saphène, en 1, en 4 et en 5 : $0^{mg},02$ d'adrénaline, en 2 *a* : 2^{cm^3}, en 2 *b* : 5^{cm^3}, en 2 *c* : 10^{cm^3}, en 3 : 25^{cm^3} d'extrait aqueux de *Rauwolfia heterophylla* (*Voir* Note I). Entre le tracé 4 et le tracé 5, l'animal a reçu deux injections intraveineuses successives de chacune 30^{cm^3} de ce même extrait. Tracés réduits de moitié.

contractions intestinales, d'abord totalement arrêtées, ont reparu progressivement, mais ont conservé, d'autant plus longtemps que la dose injectée

avait été plus élevée, une amplitude nettement inférieure à celle qu'elles montraient initalement. A la dose de 1^{cm^3} par kilogramme, cet extrait a produit, d'une part une forte mais assez peu durable hypotension, d'autre part une chute du tonus et un arrêt du péristaltisme qui ont subsisté pendant longtemps mais ont été passagèrement interrompus, celle-là par une remontée du dit tonus, celui-ci par une reprise des contractions.

Au début de l'expérience, une injection de $0^{mg},02$ d'adrénaline avait été suivie à la fois d'une hypertension de 66^{mm} de Hg et d'une chute du tonus intestinal avec arrêt total du péristaltisme. Quand l'animal eut été soumis à l'action de $1^{cm^3},68$ d'extrait par kilogramme, on constata, d'une part que la pression carotidienne s'abaissait de 79^{mm} de Hg, d'autre part que les contractions intestinales, après n'avoir subi qu'un arrêt total initial extrêmement bref, s'amplifiaient progressivement et atteignaient bientôt une amplitude très supérieure à celle qu'elles montraient avant cette injection, cependant que le tonus, après n'avoir baissé que très faiblement, dépassait bientôt son niveau initial; finalement même, cet effet moteur devenait tel que l'intestin subissait un véritable spasme amenant son tonus à un niveau considérablement supérieur à celui qu'il avait avant l'injection.

Quand l'animal eut encore reçu $2^{cm^3},40$ d'extrait par kilogramme, et se trouva ainsi soumis à l'action d'une dose totale de $4^{cm^3},08$ de cet extrait par kilogramme, l'adrénaline, à la toujours même dose, provoqua, en même temps qu'une hypotension de 78^{mm} de Hg, une chute du tonus de l'intestin et un arrêt total de ses contractions qui se montrèrent, l'un et l'autre, extrêmement passagers et furent suivis presque immédiatement d'un spasme intestinal brusque et violent amenant le tonus de cet organe à un niveau énormément plus élevé qu'avant l'injection.

Ainsi donc l'extrait de *R. heterophylla* provoque une inversion apparente de l'effet intestinal essentiel de l'adrénaline. Cette inversion résulte de l'abolition subtotale de l'effet inhibiteur primaire de cette amine et de l'apparition presque immédiate, en même temps que du renforcement considérable de son effet moteur secondaire.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur les gradients physiologiques dans une colonie de Bryozoaires.* Note (¹) de M. **Georges Bronstein**, transmise par M. Charles Pérez.

J'ai déjà eu l'occasion de faire remarquer (²) que le comportement d'un zoarium de Bryozoaire peut être considéré à la fois comme celui d'une population d'individus et celui d'un individu unique. Une interprétation analogue a déjà été émise par B. Ephrussi au sujet d'une culture bactérienne en milieu liquide.

Dans cette Note nous nous bornerons à considérer le comportement du zoarium en tant qu'individu.

Nous savons que chaque organisme possède des gradients qui correspondent à des différences de l'activité physiologique des tissus. Je me suis proposé d'en étudier quelques-uns sur les colonies de *Membranipora membranacea* L. et d'*Electra pilosa*.

I. La vitesse de réparation des blessures est d'autant plus grande que l'endroit lésé se trouve plus près du bord de la colonie et que les zoécies détruites sont par conséquent plus jeunes.

II. Si nous isolons artificiellement un fragment de colonie en détruisant le reste du zoarium, celui-ci, après s'être cicatrisé sur les bords, se remet à croître. Toutes les autres conditions étant identiques, la taille atteinte au bout d'un temps donné est d'autant plus grande que le fragment est plus jeune.

III. Un fragment de zoarium étant isolé et placé dans les conditions de croissance résiduelle, le rapport de la taille limite atteinte à la taille initiale est d'autant plus grand que le fragment a été prélevé plus près du bord. L'analyse du phénomène de croissance résiduelle publiée par B. Ephrussi et G. Teissier (*Arch. f. Exp. Zellforsch*, 13, 1932), suggère que la quantité de substance susceptible de former de nouveaux tissus est plus élevée dans les parties jeunes que dans les parties âgées.

IV. L'hypothèse précédente est partiellement justifiée par l'étude du liquide cœlomique des zoécies; en effet, ce dernier est d'autant plus trouble et plus riche en éléments figurés que la zoécie est plus jeune. D'autre part, l'indice de réfraction du liquide cœlomique est également fonction de l'âge de la zoécie : dans une même colonie il varie de 1,3470 pour les zoécies jeunes à 1,3403 pour les zoécies âgées, en révélant l'existence d'un

(¹) Séance du 25 septembre 1939.

(²) *C. R. Soc. Biol.*, 48, 1938, p. 65.

gradient. Rappelons que l'indice de l'eau de mer est 1,3400. J'ai pu m'assurer que la différence entre l'indice du liquide cœlomique et celui de l'eau de mer est dû à la présence dans le liquide cœlomique de protéines en solution. En effet, si l'on précipite les protéines par une solution d'acide trichloracétique isoréfringente à l'eau de mer (G. Teissier), on obtient un liquide parfaitement limpide présentant l'indice de réfraction de l'eau de mer (1,3400). Le gradient des indices est donc en réalité un gradient de protéines. Enfin, pendant la croissance résiduelle, l'indice du liquide cœlomique décroît pour tomber aux environs de 1,3403 lorsque la taille limite est atteinte. Il semble donc que les zoécies jeunes aient un liquide cœlomique plus riche en protéines que les autres et que ce soient précisément ces protéines qui sont utilisées dans la formation de nouveaux tissus.

V. La résistance aux agents toxiques n'est pas la même dans les différentes parties du zoarium. Mais dans ce cas, comme pour les autres groupes animaux, il faut distinguer un double gradient.

a. Les produits toxiques (KCN, alcool, éther, urée, eau douce) employés en solution assez concentrée dans l'eau de mer font mourir d'abord les parties jeunes, puis les parties âgées. Le processus dure au plus 24 heures.

b. Les produits toxiques en solution moyennement diluée mettent en évidence un gradient inverse : la mort atteint d'abord les parties âgées, puis les parties jeunes. Le processus dure de un à cinq jours.

c. Dans le cas de solutions très étendues, les parties âgées du zoarium meurent seules au bout de quelques jours; les parties jeunes peuvent s'acclimater aux nouvelles conditions, se remettre à croître et vivre indéfiniment.

d. Enfin il existe un seuil de concentration, au-dessous duquel les Bryozoaires ne réagissent plus.

Les mauvaises conditions de vie, telles que le manque de renouvellement de l'eau, produisent la réaction du cas *a* ou *b* suivant que la quantité d'eau mise à la disposition des animaux est plus ou moins grande. L'inanition prolongée produit la réaction du cas *b* mais le processus de dégénérescence est beaucoup plus lent; il dure de une à huit semaines.

Il faut noter que toutes les propriétés des zoécies jeunes qui viennent d'être étudiées sont d'autant plus accusées que la croissance du zoarium est plus rapide. Ce sont les cas de croissance rapide qui sont les plus favorables à la mise en évidence des divers gradients, aussi bien du gradient de cicatrisation que celui des protéines, de dégénérescence et d'acclimatation.

BIOPHYSIQUE. — *Action des radiations sur le* Bacterium coli. Note [1] de M. **Salvatore Luria**, présentée par M. Jean Perrin.

Les récentes théories radiobiologiques [2] ont parmi leur base les expériences de Wyckoff, de Lea, Heines et Coulson [3] sur l'action des rayons X, α, β, γ sur le *Bacterium coli*. Selon ces auteurs la courbe de mortalité (proportion de survivants en fonction de la dose) est toujours une exponentielle simple $N/N_0 = e^{-\alpha D}$. Cela signifie qu'*un choc* dans une *zone sensible* suffit pour tuer une bactérie. Nous avons repris ces expériences; voici nos premiers résultats.

Radiations employées : particules α du Po, et rayons X, raie K_α du Mo (0,7 Å). Irradiation sur gélose, et numération des colonies développées.

L'analyse statistique des résultats, qui est fondamentale (tests de distribution correcte sur les boîtes, tests de compatibilité des différentes expériences, calcul des moyennes et des déviations standard), ne sera pas référée ici. Une correction doit être introduite en relation avec le fait qu'une partie des germes sont toujours réunis 2 à 2. Avec la méthode décrite plus loin nous avons constaté ce fait et calculé les corrections.

La figure contient les courbes de mortalité; chaque point est le résultat de 30 irradiations avec 50-60 témoins. La valeur absolue des doses ne sera pas discutée ici; seule la forme des courbes de mortalité sera analysée.

On voit immédiatement que dans le cas des particules α la courbe pourrait à la rigueur être considérée comme exponentielle (ligne droite en notation semi-logarithmique); cependant, malgré que l'incertitude de chaque point soit ± 2 fois la déviation standard, les trois premières valeurs restent en dessus de l'exponentielle hypothétique, et les dernières en dessous, ce qui du point de vue statistique est très suspect.

Dans le cas des rayons X la courbe s'éloigne décidément de l'exponentielle; les premières valeurs sont aussi trop hautes et les dernières trop basses. Elles peuvent assez bien être placées sur une courbe à deux coups [4] $N/N_0 = \alpha D e^{-\alpha D}$ (*fig.* 1, *b*, courbe continue).

---

(1) Séance du 25 septembre 1939.

(2) Voir par exemple Jordan, *Phys. Z.*, **39**, 1938, p. 345.

(3) *J. Exp. Med.*, **52**, 1930, p. 345 et 769; *Proc. R. Soc.*, B, **120**, 1935, p. 47, et **123**, 1937, p. 1.

(4) Courbe de la suite exponentielle de Poisson $\left(\sum_{n=0}^{s-1} e^{-\alpha D} \frac{(\alpha D^n)}{n!}\right)$ avec $s = 2$; la

Ces résultats sont en désaccord avec ceux des autres Auteurs, qui ont toujours trouvé des courbes exponentielles. Pour éclaircir la question nous avons examiné directement les bactéries irradiées, grâce à la technique

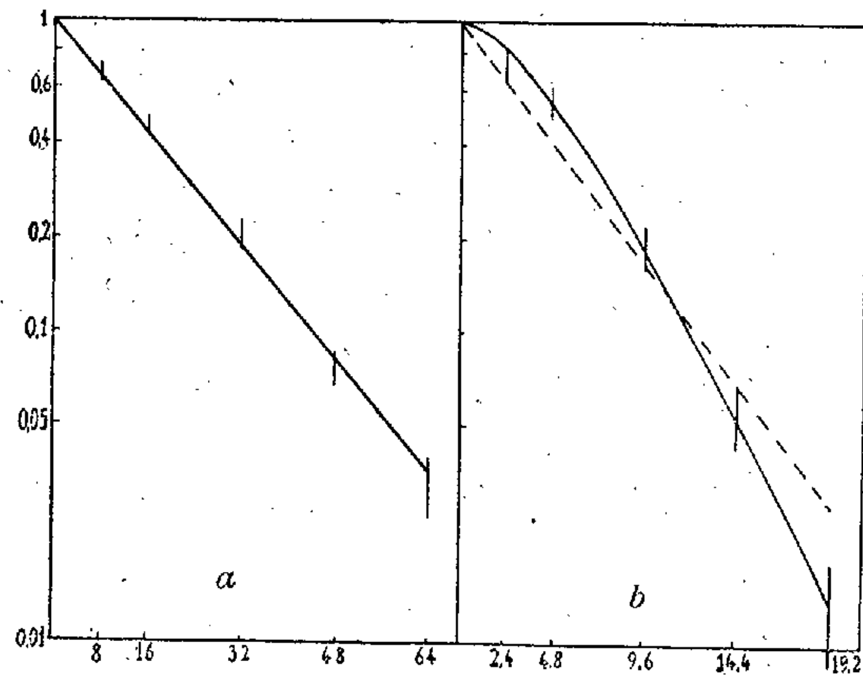


Fig. 1 *a*. — Particules α. En abscisse dose en $\frac{\text{nombre de particules}}{\text{cm}^2}$ ($\times 10^7$).
Fig. 1 *b*. — Rayons X. En abscisse, dose en *r* ($\times 10^3$).
En ordonnée, fraction de survivants en échelle logarithmique.

suivante [5] : après irradiation sur gélose, le morceau de gélose est découpé et renversé sur une lamelle, qu'on applique sur une lame creuse. Le développement des germes peut ainsi être étudié au microscope.

Les phénomènes observés sont qualitativement les mêmes avec part. α et rayons X. Avec des doses moyennes une partie des germes se développe normalement; une autre partie ne se divise ni ne se modifie plus; enfin, un certain nombre s'allonge, et atteint parfois des dimensions gigantesques (50-100 μ) [6].

Des bactéries allongées quelques-unes restent immodifiées et enfin disparaissent ; d'autres se divisent plus tard et donnent des colonies normales; d'autres encore commencent à se diviser, mais s'arrêtent après 2 ou 3 divisions, en donnant des colonies abortives.

Il est évident que ces phénomènes (mort immédiate, après allongement ou après quelques divisions) doivent influer sur la courbe de mortalité;

---

dénomination est due à l'interprétation habituelle de ces courbes (voir par exemple : Holweck, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 197).

(5) Hill, *J. Med. Res.*, 7, 1902, p. 202.

(6) Pour l'allongement des bactéries irradiées, voir par exemple Lea, Heines, Coulson, *loc. cit.*

celle-ci est l'expression de la superposition de plusieurs phénomènes, ce qui est incompatible avec une forme mathématique simple.

Avec des doses très fortes les bactéries présentent en totalité ou presque la mort immédiate.

L'allongement est beaucoup plus fréquent avec les rayons X qu'avec les particules α, ce qui explique la différence entre les deux courbes.

Une interprétation possible est que seules les bactéries qui présentent la mort immédiate aient été atteintes dans une *zone sensible;* les bactéries allongées présenteraient un état de souffrance plus ou moins réversible, due aux chocs reçus hors de la zone sensible.

En effet l'allongement se présente dans plusieurs conditions défavorables de culture ([7]). D'un autre côté des essais préliminaires avec les rayons ultraviolets, où le corps microbien reçoit un grand nombre de quanta, nous ont montré que presque tous les germes s'allongent avant de se diviser.

La technique d'observation directe ne permet pas la numération des germes présentant les différentes lésions; mais il reste confirmé qu'il faut se méfier des résultats obtenus sans observer directement les lésions biologiques.

Le désaccord entre nos résultats et ceux des autres Auteurs est dû probablement à l'insuffisance critique statistique de leurs données expérimentales. Le fait que la courbe de mortalité pour les rayons X pourrait être considérée comme une courbe à deux coups, confirme l'opinion de Fano ([8]), que l'interprétation des courbes de mortalité non exponentielles soit assez souvent complexe.

BACTÉRIOLOGIE. — *Recherche des groupements naturels chez les anaérobies cellulolytiques.* Note de M. **Jacques Pochon**, présentée par M. Louis Martin.

Nous avons montré ([1]), ([2]) que les bactéries cellulolytiques anaérobies, à spores terminales, isolées du tube digestif des Mammifères, pouvaient présenter tous les intermédiaires, au point de vue de leur adaptation à la vie parasitaire, entre *B. cellulosæ dissolvens,* présentant au maximum ces caractères, et *Plectridium cellulolyticum*, évolué par passage dans les milieux de culture, les présentant au minimum.

([7]) Voir par exemple Luria, *C. R. Soc. Biol.*, **131**, 1939, p. 429.

([8]) *Radiologica* (sous presse).

([1]) *C. R. Soc. Biol.*, **127**, 1938, p. 997.

([2]) *Trav. Station zool. Wimereux*, **13**, 1939, p. 575.

Il semblerait donc, en utilisant seulement les caractères que nous avons jusqu'à présent signalés (nécessité d'un facteur de croissance, anaérobiose, chromogénèse, haplomésotrophie, pouvoir glucidolytique autre que cellulolytique), qu'il soit possible de classer l'ensemble de ces bactéries dans une seule série biologique, tous les intermédiaires entre les deux pôles opposés ci-dessus pouvant être trouvés dans la nature, et le passage d'un type à l'autre pouvant lui-même être parfois réalisé au laboratoire (3). En réalité, l'étude biochimique, même sommaire, du métabolisme de fermentation de la cellulose par ces germes, montre qu'il n'en est rien. Elle permet d'opposer deux grandes séries : celle dont le métabolisme de la fermentation donne les acides acétique et butyrique (série acéto-butyrique) et celle qui donne les acides formique et acétique (série formo-acétique); cependant l'identité morphologique des germes de ces deux séries est parfaite et ils possèdent en commun un certain nombre de caractères biologiques et évolutifs; par contre d'autres caractères sont propres aux germes de chacune d'elles. Dans chaque série on trouve des formes parasites et des formes libres.

Série acéto-butyrique. — Les formes parasites ont été trouvées dans le tube digestif de l'Homme (2) et de Rongeurs (Cobaye) (4). Leur culture nécessite la présence d'un facteur de croissance (extrait fécal humain ou extrait de contenu de panse de Ruminant); elles sont anaérobies strictes, haplomésotrophes, réduisent le rouge neutre; elles ne font fermenter aucun glucide autre que la cellulose; elles forment un pigment jaune et de l'indol.

Les formes libres ont été trouvées dans les écumes de sucrerie (5) et dans le tube digestif de larves xylophages d'Insectes (6). A la différence des formes parasites elles ne donnent pas de pigment jaune et n'ont pas besoin de facteur de croissance.

Dans cette série acéto-butyrique on trouve un certain nombre de variétés, soit existant dans la nature, soit réalisées au laboratoire par passages en série linéaire et continue dans des milieux appropriés; les unes sont encore cellulolytiques, les autres ne le sont plus (inutile de dire que dans ce cas elles ne peuvent être reconnues que par filiation). Parmi les variantes avec pouvoir cellulolytique, on trouve des formes hyperparasites

(3) *Ann. Inst. Pasteur*, **61**, 1938, p. 835.
(4) J. Pochon, *C. R. Soc. Biol.*, **126**, 1937, p. 854.
(5) A.-R. Prévot et J. Pochon, *C. R. Soc. Biol.*, **130**, 1939, p. 966.
(6) J. Pochon, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1684.

qui se distinguent des formes parasites banales par le fait qu'elles ne sont plus haplomésotrophes (*B. cellulosæ dissolvens*); on y trouve également des variétés, communes aux formes libres et aux formes parasites, qui traduisent une perte progressive du pouvoir cellulolytique et des caractères qui lui sont liés; elles sont caractérisées par une diminution de l'anaérobiose nécessaire à la cellulolyse, elles attaquent lentement certains glucides, elles ne réduisent que lentement et faiblement le rouge neutre et ne donnent pas d'indol.

Au stade suivant le pouvoir cellulolytique disparaît; les souches sont anaérobies facultatives, ne réduisant plus le rouge neutre et font fermenter rapidement un grand nombre de glucides.

Donc, dans la série acéto-butyrique, la cellulolyse ne peut en aucun cas être réalisée en aérobiose; un certain degré d'anaérobiose est toujours nécessaire. Ce fait la différencie nettement de la série formo-acétique.

Série formo-acétique. — Les germes de cette série ont été trouvés dans la panse de divers Ruminants domestiques et sauvages (Bœuf, Mouton, Chameau, Buffle, Chevreuil) avec une aire d'extension considérable (France, Afrique du Nord, Indochine) ([7]) et uniquement sous forme parasite; ils ont besoin d'un facteur de croissance, sont anaérobies facultatifs mais ne sont cellulolytiques qu'en anaérobiose, ils réduisent le rouge neutre, fermentent les glucides, sont haplomésotrophes, ne donnent pas de pigment jaune et ne forment pas d'indol.

Dans cette série, des variétés ont été obtenues au laboratoire, par passages répétés dans des milieux de plus en plus simples; elles deviennent cellulolytiques en aérobiose, sans facteur de croissance et même, après un certain *entraînement*, dans des milieux contenant uniquement de l'azote ammoniacal ([8]); c'est dire qu'elles ne présentent plus aucun caractère d'adaptation à la vie parasitaire. Enfin, par passage sur des milieux riches, sans cellulose, on retombe sur des formes non cellulolytiques analogues à celles de la série acéto-butyrique.

La séance est levée à 15h25m.

A. Lx.

([7]) J. Pochon, *Ann. Inst. Pasteur*, 55, 1934, p. 676; *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1538; *C. R. Soc. Biol.*, 124, 1937, p. 870.

([8]) J. Pochon, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1808.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 OCTOBRE 1939.

PRÉSIDENCE DE M. GEORGES PERRIER.

MEMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

LITHOLOGIE. — *Sur un nouveau type de roches métamorphiques (sakénites) faisant partie des schistes cristallins du Sud de Madagascar.* Note [1] de M. ALFRED LACROIX.

Il y a quelques années, j'ai proposé au Service géologique de Madagascar de désigner sous le nom collectif de *sakénite* [2] une série de types lithologiques nouveaux, trouvés parmi les roches recueillies, à partir de 1928, par M. H. Besairie, à Sakeny, dans la région d'Ihosy.

Les circonstances actuelles devant retarder la publication d'une étude détaillée de ces roches entreprise depuis longtemps, mais terminée, je me propose d'en résumer ici les principales conclusions.

Au milieu de paragneiss riches en minéraux alumineux (sillimanite, cordiérite, almandin, etc.) et associés à des pyroxénites [3] et des amphibolites de caractères variés, les sakénites forment des bancs dont le principal, ayant une dizaine de mètres de puissance, a été suivi par M. Besairie sur près de 5^{km} (orientation Nord-Sud).

Les sakénites sont des roches blanches saccharoïdes, à aspect

---

(1) Séance du 18 septembre 1939.

(2) Ce terme a été employé par M. Besairie dans la légende de la feuille d'Ihosy Nord (1933) de la *Carte géologique de Madagascar* au 1200000e et dans son explication (*Bull. Soc. franç. minér.*, 56, 1933, p. 305) dans ce même recueil (52, 1922, p. 75), j'avais donné une première description de l'un de ces types.

(3) Elles sont indépendantes des pyroxénites de cette région renfermant des amas ou veines de *phlogopite*.

marmoréen, à grain moyen et cassure esquilleuse. Le plus souvent non rubanées, elles sont à la fois dures et tenaces.

Un minéral constant et généralement prédominant est l'*anorthite*, ou un plagioclase très voisin. Il est associé à des minéraux très alumineux et c'est là une des caractéristiques de ces roches; ce peuvent être un *spinelle*, la *saphirine*, le *corindon*, avec parfois une *leucaugite*, riche en alumine. La phlogopite peut exister, mais elle est toujours peu abondante. Tous ces minéraux sont pauvres en fer, aussi quand la saphirine ou le spinelle abondent, la roche, tout en prenant une couleur bleue ou verdâtre, est-elle toujours de teinte claire. Aux affleurements, l'anorthite est corrodée; sur sa surface rugueuse un peu jaunâtre, les barylites se détachent en relief, avec un aspect scoriacé.

En étudiant une collection de ces roches, on serait volontiers tenté de les considérer comme des entités distinctes, mais M. Besairie m'a donné l'assurance que ce sont là seulement des facies de variation d'un type moyen; ils passent les uns aux autres. C'est pourquoi je les désigne sous le même nom, univoque. Leur composition si imprévue, dans laquelle prédomine parfois comme composant essentiel le rare silico-aluminate basique de magnésium qu'est la saphirine, nécessite une description détaillée :

Sakénite à saphirine. — La saphirine est généralement clairsemée dans l'anorthite, mais il est des points où elle se concentre. Elle forme alors de grandes plages englobant les grains d'anorthite; dans les lames minces, elles paraissent homogènes en lumière naturelle, mais, en lumière polarisée parallèle, elles apparaissent comme formées par l'association d'un grand nombre de grains diversement orientés.

Une autre variété est blanche, tachetée de bleu; les gros grains d'anorthite sont moulés par des plages complexes de saphirine. Cet ensemble est englobé pœcilitiquement par des cristaux de leucaugite incolore de plusieurs millimètres. Ce pyroxène est accompagné d'un peu de phlogopite incolore, en partie transformée en une chlorite blanche.

Enfin une variété, de couleur blanche ou enfumée, est parcourue par des traînées d'un bleu pâle de saphirine. Une dernière caractéristique réside dans l'existence de larges lames de phlogopite jaune paille.

Sakénites à spinelle. — Sur le fond blanc d'anorthite prédominante, à clivages éclatants, se détachent de gros grains de spinelle, sortes de porphyroblastes ayant jusqu'à 1^{cm} de diamètre et tranchant, grâce

à leur couleur d'un vert noir, quand on les regarde à l'œil nu; ils sont d'un vert très pâle en lames minces.

Certains échantillons présentent une particularité curieuse. Au milieu du spinelle, apparaît, comme un œil blanc jaunâtre formé par un cristal unique de *corindon*, à plans de séparation brillants. Le corindon y possède des macles polysynthétiques accompagnant les plans de séparation.

Un des échantillons étudiés a l'aspect d'un galet à surface bombée et comme polie; il est formé par un grand cristal de *corindon* blanc mesurant $5^{cm},5 \times 4^{cm},5$ et possédant un plan de séparation unique très miroitant. Ce cristal est entouré par une couronne de spinelle, d'un vert moins foncé que dans les cas précédents, et dont les grains, un peu allongés, sont implantés normalement à la surface du corindon. Au microscope, l'on constate dans le corindon des veinules de *diaspore*, plutôt bacillaire que lamelleux.

En général, ces sakénites sont leucocrates et à plus gros grain que celles renfermant de la saphirine, mais elles contiennent parfois des portions d'un verdâtre foncé, plus riches que les précédentes en cristaux de spinelle d'un vert noir; celui-ci est assez ferrugineux, et par suite d'un vert foncé en lames minces. Il est accompagné de larges plages de corindon incolore, à plans de séparation nombreux et très nets; elles sont traversées par des traînées de très petites inclusions cristallines, qui paraissent constituées par un spinelle à peine coloré, en raison de sa petitesse.

Sakénites à spinelle et saphirine. — Ces roches sont blanches, mais tachetées par place de bleuâtre ou de verdâtre, soit d'une façon uniforme, soit avec une distribution vaguement rubanée. L'examen microscopique fait voir que ces différences de couleur tiennent à ce que les régions vertes renferment du spinelle et les bleues de la saphirine, les deux minéraux pouvant d'ailleurs être associés en toutes proportions. Dans les lames minces, tous deux sont presque incolores et par suite de la très faible biréfringence de la saphirine, pour obtenir un diagnostic immédiat, il faut opérer sur des plaques épaisses.

Ces deux minéraux, seuls ou associés, ne se présentent souvent que sous la forme d'un cadre extrêmement grêle, cerclant les grains d'anorthite. Quelquefois aussi on les trouve entourant de la même façon un cristal de corindon, mais alors avec prédominance de la saphirine. Çà et là apparaissent quelques lamelles de phlogopite.

Corindonite anorthitique. — Cette roche exceptionnelle est à plus gros grain que les précédentes; blanche ou jaune pâle, elle est dépourvue de

barylites colorés et formée de corindon en proportion variable, mais pouvant être prédominante, et d'anorthite avec seulement quelques paillettes de phlogopite d'un jaune clair et quelques grains de saphirine.

Plagioclasite hololeucocrate. — Il faut enfin signaler le cas où la roche est formée uniquement d'anorthite à structure granoblastique; ce type est peu abondant.

SPECTROSCOPIE. — *Application à des molécules intéressantes de l'analyse nouvelle des spectres moléculaires.* Note de M. **Henri Deslandres**.

I. Cette Note est la suite de deux Notes présentées sous le même titre les 2 novembre et 17 décembre 1938, et l'analyse nouvelle est exposée dans 17 Notes de 1930 à 1938 [1]. La recherche, interrompue pendant plusieurs mois, a été reprise récemment.

Je rappelle que l'analyse de la fréquence moléculaire ν est basée sur la formule

$$\nu = q d_1 / s' r', \tag{1}$$

s' étant le nombre des électrons activés dans un atome ou groupe d'atomes de la molécule par l'approche d'un autre atome ou groupe d'atomes de la même molécule; d_1 étant la constante universelle 1062.5, q et r' étant des nombres entiers.

Cette formule n'est pas due au développement d'idées théoriques; elle a été imposée par l'étude continue et l'enchaînement des faits. Elle a été vérifiée sur plus de 150 molécules, sur les molécules diatomiques d'abord, puis sur des molécules de plus en plus complexes. En fait, parmi les nombreuses molécules dont le spectre Raman a été relevé, je n'en ai trouvé aucune qui soit en désaccord net avec la formule [2].

---

[1] *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 753 et 1341. Voir aussi 7 Notes présentées sous le titre *Relation simple du spectre moléculaire avec la structure de la molécule*, **191**, 1930, p. 1404; **192**, 1931, p. 521, 1417 et 1606; **193**, 1931, p. 1364; **194**, 1932, p. 1083 et 2093; 5 Notes sous le titre *Relation simple du spectre moléculaire avec les électrons et anneaux d'électrons des atomes constituants*, **198**, 1934, p. 2037; **199**, 1934, p. 393 et 1543; **200**, 1935, p. 603 et 1997; 5 Notes sous le titre *Constante universelle des spectres de bandes. Attribution des raies de la bande à d'autres causes que la rotation de la molécule*, **205**, 1937, p. 1337; **206**, 1938, p. 1153, 1424 et 1844; **207**, 1938, p. 5.

[2] Au début, j'ai accepté mal le coefficient r' du dénominateur de la formule (1). Tout se passe comme si la fréquence fondamentale des s' électrons activés égale

On analyse la fréquence en recherchant les nombres s', r' et q, qui, portés dans la formule (1), reproduisent la fréquence avec un résidu très faible. D'autre part, la molécule se divise en général en deux parties qui s'activent mutuellement et doivent émettre des fréquences égales. De plus, les électrons de l'atome sont activés successivement non pas un par un, mais par anneaux et sous-anneaux; et l'on peut, en partant de la formule chimique de la molécule, avoir immédiatement les nombres s' d'électrons activables pour ses deux parties, et former ce que j'ai appelé d'abord la liste *Ex.* et peu après la liste *Act.* Les nombres s' des deux listes *Act.*, et surtout les nombres s' communs aux deux listes, se retrouvent dans l'analyse des fréquences moléculaires; la formule (1) est ainsi vérifiée une fois de plus. Pour les détails, le lecteur est prié de se reporter aux Notes précédentes.

II. Un cas intéressant dans cette recherche est celui où un atome de la molécule est remplacé par un de ses isotopes. La liste *Act* est alors la même pour les deux molécules; mais leurs fréquences sont le plus souvent différentes.

J'ai analysé déjà des composés similaires de l'hydrogène et de son isotope, le deutérium, dont la masse est deux fois plus forte. Les premiers résultats ont été résumés brièvement, comme il suit, au bas d'une page, dans la Note du 2 décembre 1937 : « J'ai analysé plusieurs composés d'hydrogène dans lesquels un ou plusieurs atomes d'hydrogène léger sont remplacés par de l'hydrogène lourd. Plusieurs fréquences sont modifiées, mais les nombres s' sont maintenus, les variations portant seulement sur les nombres r' et q. A citer les phosphures PH^3 et PD^3 ».

Comme la question est importante, j'analyse aujourd'hui avec détails les mêmes composés PH^3 et PD^3, et ensuite les molécules H^2, HD et D^2, les molécules C^6H^6 et C^6D^6 ([3]). Les résultats sont condensés dans le Tableau XIX ci-après, qui présente d'abord les listes *Act.* des nombres s' d'électrons activables, et ensuite l'analyse des fréquences principales qui sont les plus intenses et les plus petites.

Avec la molécule PH^3, les arrangements possibles sont $P - H^3$,

---

à d_1/s', et de plus aisément divisible en parties égales. Avec les spectres de C^6H^6 et C^6D^6, qui ont de nombreuses fréquences, la fréquence la plus intense est un multiple de $d_1/15$ et de $d_1/9$, et les autres fréquences offrent au dénominateur de la formule les mêmes nombres 15 et 9 multipliés par 2, 3, 4, 5 .... Le coefficient r' est imposé par l'enchaînement des faits.

([3]) Les fréquences de ces molécules sont tirées de l'Ouvrage de Magat sur l'Effet Raman, 1937.

Tableau XIX. — *Analyse de fréquences infrarouges de molécules.*

Liste Act. — Nombres s' d'électrons des anneaux (a.), des anneaux et sous-anneaux (a'.) activables dans les atomes et groupes d'atomes des molécules PH^3 et PD^3, C^6H^6 et C^6D^6.

	PH^3 et PD^3.				*C^6H^6 et C^6D^6.*		
	P.	*PH.*	*PH^2.*	*PH^3.*	*C^3H^3.*	*C^6H^5.*	
1 a'..........	*3*	*4*	*5*	*6*	*9*	*17*	*1* a'.
1 a...........	*5*	*6*	*7*	*8*	*15*	*29*	*1* a.
2 a'..........	*11*	*12*	*13*	*14*			*2* a'.
2 a...........	*13*	*14*	*15*	*16*	*21*	*41*	*2* a.
3 a...........	*15*	*16*	*17*	*18*			*3* a.

Molécule et mode d'excitation.	Intensité entre ( ) et fréquence de la radiation en cm^{-1}.	Multiple correspondant de $d_1/s'r'$ et résidu.	Nombre s' d'électrons activés dans l'atome ou groupe d'atomes et nombre des anneaux activés.
PH^3 gaz Raman............	ν = (10) 2320 =	$24d_1/11$ +1,8	11 de P 2 a'.
3 fréquences, 18 électrons.		$35d_1/16$ −4,2	16 de PH 3 a. et de P− 3 a. avec H^{3+}.
		$107d_1/7\times7-0,1$	7 de PH^2 1 a.
		$131d_1/15\times4+0,2$	15 de P 3 a. et de PH^2 2 a.
	ν = (1) 979 =	$12d_1/13$ −1,8	13 de P 2 a. et de PH^2 2 a'.
		$47d_1/17\times3-0,2$	17 de PH^2 3 a.
PD^3 gaz Raman............	ν = (10) 1684 =	$19d_1/12$ +1,7	12 de PD 2 a'. ou de P− 2 a'. avec H^{3+}
1 fréquence, 18 électrons.		$27d_1/17$ −3,5	17 de PD^2 3 a.
		$95d_1/15\times4+1,7$	15 de P 1 a. ou de PD^2 2 a.
		$103d_1/13\times5+0,4$	13 de P 2 a. ou de PD^2 2 a'.
		$122d_1/11\times7+0,4$	11 de P 2 a'. et 7 de PD^2 1 a.
PH^3 liquide Raman.........	ν = 2303 =	$130d_1/15\times4+0,9$	rapprocher de ν 2320 de PH^3 gaz.
PD^3 liquide Raman.........	ν = 1670 =	$121d_1/11\times7+0,4$	rapprocher de ν 1684 de PD^3 gaz.
H^2 gaz Raman..............	ν = 4162,1 =	$47d_1/3\times4+0,6$	3 relié peut-être à H^3–H.
		$192d_1/7\times7-1,2$	7 id. à H^7–H.
		$235d_1/15\times4+0,6$	15 id. à H^{15}–H.
HD gaz Raman.............	ν = 3631,4 =	$41d_1/3\times4+1,2$	3 id. à H^3–D et D^3H.
D^2 gaz Raman..............	ν = 2993 =	$76d_1/3\times9+2,3$	3 id. à D^3–D.
		$138d^1/7\times7+0,6$	7 id. à D^7–D.
		$149d_1/15\times4+0,3$	15 id. à D^{15}–D.
C^6H^6 liquide Raman........	ν = (10) 991,5 =	$14d_1/15$ −0,3	15 de C^3H^3 1 a.
plus de 30 fréquences,		$42d_1/9\times5-0,3$	9 de C^3H^3 1 a'.
42 électrons.	ν = (5) 3061,2 =	$49d_1/17$ −1,3	17 de C^6H^5 1 a'.
		$121d_1/21\times2+0,2$	21 de C^3H^3 2 a.
C^6D^6 liquide Raman........	ν = (5) 944,7 =	$8d_1/9$ +0,3	9 de C^3D^3 1 a'.
24 fréquences, 42 électrons.		$40d_1/15\times3+0,3$	15 de C^3D^3 1 a.
		$56d_1/21\times3+0,3$	21 de C^3D^3 2 a.
	ν = (5) 2292,3 =	$110d_1/17\times3+0,6$	17 de C^6D^5 1 a'.
		$136d_1/21\times3+0,3$	21 de C^3D^3 2 a.
	ν = (1) 337 =	$13d_1/41$ +0,1	41 de C^6D^5 2 a.
		$19d_1/15\times4+0,5$	15 de C^3D^3 1 a.
	ν = (1) 1157 =	$37d_1/17\times2+0,7$	17 de C^6D^5 1 a'.
		$49d_1/15\times3+0,1$	15 de C^3D^3 1 a.

$PH - H^2$, $PH^2 - H$; de même avec PD^3. Or les nombres s' de la liste *Act.*, 11, 13 et 15 de l'arrangement $P - H_3$, $P - D^3$, les nombres 7, 11, 13 et 19 de l'arrangement $PH^2 - H$, $PD^2 - D$, se retrouvent prédominants dans l'analyse des fréquences; mais les coefficients q et r' sont différents avec l'hydrogène et son isotope. De plus l'analyse montre que ces deux arrangements sont les plus fréquents : ce qui est en accord avec les propriétés chimiques.

Le tableau donne aussi les fréquences de PH^3 et PD^3 liquides, qui sont reliées simplement à PH^3 et PD^3 gaz. La fréquence du liquide et celle du gaz sont les harmoniques d'une même fréquence élémentaire, le numéro d'ordre du premier harmonique étant inférieur d'une unité au numéro d'ordre du second. En général la fréquence Raman du composé liquide est un peu inférieure à la fréquence du gaz; il est possible que la relation curieuse reconnue avec les deux phosphures se retrouve avec d'autres molécules ([4]).

Les molécules H^2, HD et D^2 sont analysées ensuite. Il n'y a pas de liste *Act.*; mais on sait que les molécules du type A^2 dont le nombre atomique A est petit, se polymérisent facilement et l'on a rattaché les fréquences émises aux polymères H^4, H^8 et H^{16}. De toute façon les nombres s' donnés par l'analyse sont les mêmes pour les trois molécules.

Les molécules C^6H^6 et C^6D^6 qui suivent offrent un grand intérêt. La première a été déjà analysée avec détails dans une Note du 18 février 1935; ses nombreuses fréquences sont en bon accord avec les nombres s' de la liste *Act.*, pour les arrangements $C^3H^3—C^3H^3$ et $C^6H^5—H$ qui sont les plus fréquents. Le même accord est réalisé avec les mêmes nombres s' dans les fréquences de C^6D^6. Les nombres s' des deux molécules, 9, 15 et 21 sont étroitement liés; une fréquence qui est un multiple de $d_1/9$ est rattachée aussi à 15 et 21; car $9 \times 5 = 15 \times 3$ et $9 \times 7 = 21 \times 3$. Les nombres 9, 15 et 21 sont égaux à 3×3, 3×5, 3×7, et 3, 5 et 7 sont les nombres s' du radical CH; de plus $9 \times 2 = 6 \times 3$ et le nombre 6 est rattaché à l'atome

---

([4]) Les fréquences de PH^3 et PD^3 liquide ont été mesurées par les mêmes auteurs, de Hemptinne et J. M. Delfosse, *Bull. classe Sc. Acad. roy. Belgique*, 21, 1935, p. 793.

J'ai examiné aussi les fréquences de H^2 liquide et H^2 gaz, qui n'ont pas montré une relation analogue; elles ont été mesurées par des auteurs différents, et la polymérisation peut ne pas être la même dans les états liquides et gazeux. D'autre part les fréquences principales de C^6H^6 gaz et C^6H^6 liquide, mesurées par la même personne, sont les mêmes.

de carbone. Finalement toutes les parties de C^6H^6 et C^6D^6 vibrent en parfait accord, ce qui est l'une des causes de leur grande stabilité.

Cette Note met bien en relief l'importance de la formule (1) et l'influence grande, déjà signalée, de la masse des atomes sur les fréquences émises par la molécule.

En même temps j'ai continué l'étude des complexes chimiques et des liens qui, dans la catalyse, unissent le catalyseur au composé dont il assure la formation. Les nouveaux résultats obtenus seront présentés dans une Note prochaine.

MICROBIOLOGIE DU SOL ET DES EAUX. — *Sur la synthèse biogène de l'ammoniac dans le sol et les eaux.* Note (1) de M. **Serge Winogradsky.**

J'ai établi (2) le fait de la production d'ammoniac dans les cultures d'*Azotobacter* sur des plaques de silice gélatineuse *dépourvues d'azote combiné*.

Tout l'ensemble des faits étudiés paraissait justifier la conclusion que cette ammoniac est à considérer comme un produit de synthèse, la pensée physiologique se refusant à admettre un processus de décomposition dans les conditions données.

« Désormais, concluait la Note, l'étude des *Azotobacter* en qualité de producteurs d'ammoniac synthétique se pose au premier plan du problème de la fixation de l'azote atmosphérique. »

Les observations résumées dans la Note ont été exposées en détail dans le Mémoire paru en 1932 dans les *Ann. Inst. Pasteur*, t. 48.

Ces résultats ont été soumis à une critique sévère par Dean Burk et collab., du *Bureau of Soils* de Washington, qui ont cherché à démontrer que l'ammoniac dégagé n'est qu'un produit de désamination *oxydative* subie par la substance même des cellules *Azotobacter*, aussitôt que l'aliment (le sucre) commence à manquer.

Pour écarter les objections concernant l'origine de l'ammoniac dégagé, il était indiqué de chercher à déterminer le bilan de l'azote dans les cultures en question, ceci au moyen de trois dosages successifs, à savoir :

(1) Séance du 16 octobre 1939.

(2) *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 661.

dosage de l'azote fixé par les cellules, dosage de l'azote exhalé sous forme d'ammoniac, enfin, dosage de l'azote restant.

On s'est servi de plaques de gel silicique, de préférence d'un diamètre de 20 et 25cm. Comme aliment on choisit l'éthanol ou un sel butyrique. Quant à la dose, elle est réduite à un taux aussi faible que cela est possible en vue de l'exécution d'un dosage microkjeldahl, avec nesslerisation du distillat. Cette dernière méthode étant sensible à 1/1000e de milligramme près, les résultats sont notés en gammas.

Pour l'ensemencement, on a pris des souches d'*Azotobacter* isolées récemment du sol à l'état de pureté : souches locales d'*Azotobacter vinelandii* (*Souche verte*) et de *Az. agilis* (*Azomonas*). Les cultures de collection, surtout faites sur glucides, sont à éviter.

Dans toutes les expériences, la moitié du lot de plaques est soumise à la kjeldahlisation (microméthode de Pregl), aussitôt que l'aliment est consommé. L'autre moitié sert à l'extraction de l'ammoniac, au moyen de courtes distillations à basse température, répétées aussi souvent que possible, au cours de la longue suite de semaines et de mois que dure cette exhalaison. Tout simplement, on place la boîte de culture sur une plaque métallique chauffée à 38°-40°, en refroidissant le couvercle au moyen d'un vase à fond plat rempli d'eau froide et posé dessus; au bout d'un quart d'heure, la surface intérieure du couvercle apparaît couverte de gouttelettes d'eau de condensation que l'on enlève avec un peu d'eau exempte d'ammoniac, et que l'on soumet à la nesslerisation. On a soin de remplacer l'eau évaporée, de manière que la surface du gel soit toujours couverte par une mince couche d'eau. Il va sans dire que ce procédé, assez primitif, n'est pas sans conduire à des pertes, mais cette imperfection ne fait que contribuer à rendre le résultat encore plus décisif, qu'il n'apparaît d'après les chiffres obtenus.

Les exemples qui suivent suffiront pour illustrer les résultats que l'on obtient au moyen de ce procédé, si simple. Les chiffres des dosages sont réunis dans le tableau qui suit la description des quatre expériences exécutées.

1. *Aliment, éthanol absolu* 1cm³,0 (dose par exception trop élevée). — Solution saline standard additionnée de 0g,2 de carbonate de calcium et de 0g,2 de carbonate basique de magnésie. Ensemencé par la *Souche verte*. Tenu à l'étuve à 30° 160 jours. Extraction de l'ammoniac de temps en temps, non tous les jours, de sorte que la quantité totale obtenue ne donne aucune idée du rendement complet. Au moment où l'on interrompt l'expérience, l'exhalation est encore bien en train.

2. *Aliment, butyrate de soude* 0g,1. — Solution saline avec du carbonate de cal-

cium seul. Tenu à 30° 78 jours. Le pH du milieu finit par dépasser 10, de sorte qu'une partie du gel se liquéfie. On arrête l'expérience, malgré la production d'ammoniac qui dure.

3. *Aliment, butyrate de soude* 0g,2. — Addition de carbonates de calcium seul. Ensemencement par la *Souche verte*. Tenu à 30° 98 jours. Dégagement d'ammoniac encore en train, quand on arrête l'expérience.

4. *Aliment, éthanol absolu* 0cm³,1. — On donne du carbonate de calcium et du carbonate de magnésium à la dose de 0g,1 chacun. Ensemencement par *Azotobacter agilis* (*Azomonas*), souche locale. On s'applique cette fois à répéter les distillations aussi souvent que possible. L'expérience dure du 5 mai au 3 octobre, quand le dégagement est enfin épuisé.

Dosages microkjeldahl, en gammas, par plaque.

Expérience	1.	2.	3.	4.
Azote fixé	9100	1040	2100	1140
Azote ammoniacal libéré	5771	870	1496	6460
Azote fixé restant	5110	630	880	—

Il résulte donc de toutes ces expériences, même de celles qui ont été interrompues trop tôt, que la quantité d'azote dégagé sous forme d'ammoniac est toujours supérieure à la différence entre l'azote fixé initial et l'azote fixé final. Mais, où l'extraction a été poussée assez loin, comme dans l'expérience 4, le rendement en azote ammoniacal apparaît énormément supérieur à l'azote fixé par les cellules. Ce fait conduit nécessairement à la conclusion que *l'azote ammoniacal exhalé ne peut avoir que comme source l'atmosphère et non les cellules elles-mêmes*; autrement dit, qu'*il s'agit ici bel et bien d'ammoniac synthétique*.

Rappelons la théorie que nous avons avancée pour expliquer le fait de la production d'ammoniac par les végétations azotobactériennes et de sa chronicité.

D'après elle, l'assimilation de l'azote gazeux s'accomplit en deux phases, dont l'une est la synthèse de l'ammoniac, l'autre son assimilation. L'effet bien net de la magnésie, ou d'un butyrate alcalin, sur la précocité du dégagement de l'ammoniac est à considérer comme un argument en faveur de sa qualité de produit intermédiaire. Bloquée par le pH élevé, son assimilation a tendance à se ralentir, l'excès non assimilé s'échappant dans l'atmosphère ambiante. En présence du carbonate de chaux seul, le dégagement est plus tardif : il ne devient sensible que quand l'aliment commence à manquer, pour atteindre le maximum après sa disparition.

La présence de l'aliment exerce l'effet net de prévenir ou de réduire les pertes en ammoniac. Il est particulièrement démonstratif, si l'on renouvelle

la dose d'aliment dans une culture âgée, encore viable, en pleine production d'ammoniac : immédiatement l'exhalation baisse, ou disparaît entièrement.

Produit intermédiaire en présence de la matière énergétique, l'ammoniac devient donc produit stable, aussitôt que cesse la synthèse plasmique, faute d'aliment.

A la suite de ces faits, la question se pose de savoir aux dépens de quelles substances s'exerce la déshydrogénation, qui fournit l'hydrogène nécessaire à la synthèse de l'ammoniac?

On n'en voit pas d'autre que la substance des cellules elles-mêmes. En effet, dans les cultures épuisées, on voit bientôt apparaître des phénomènes d'autolyse : perte de turgescence, contours de plus en plus faibles, formes réduites et des « ombres », enfin, en une masse homogène, où les cellules ne sont plus reconnaissables.

A cet état, les cultures ne contiennent plus aucune cellule viable qui soit décelable par examen microscopique, ni par la culture, mais le dégagement de l'ammoniac reste considérable en durant de longues semaines. Il en ressort nécessairement qu'il s'agit là d'un phénomène enzymatique séparable du processus vital proprement dit des cellules.

Ce qui frappe dans ce cas, c'est le fait qu'une dose minime de substance énergétique peut donner lieu à un processus de synthèse de si longue durée et d'un rendement énormément plus important que celui de l'azote accumulé par les cellules. L'azote étant disponible en quantité illimitée, c'est évidement de la source d'hydrogène qu'il s'agit de se faire une idée du point de vue quantitatif. On peut y parvenir en se servant des données analytiques sur la composition élémentaire des cellules *Azotobacter*. En choisissant celles d'Oméliansky et Sieber (*Hoppe-Seyler's Z. f. Phys. Chem.*, 88, 1913, p. 445-459), d'après lesquelles la matière sèche des cellules contient 2,2 % d'azote et 6,4 % d'hydrogène, on prendra l'azote fixé par elles comme base de calcul, pour déterminer la quantité totale de la substance produite et la réserve en hydrogène qu'elle contient. Pour l'expérience n° 4, on trouvera, par exemple, 3321^{γ} d'hydrogène, quantité qui pourrait suffire pour hydrogéner en ammoniac une quantité environ cinq fois plus forte d'azote. S'il en est ainsi, la quantité la plus importante d'azote ammoniacal que nous avons réussi à extraire serait encore inférieure à celle que pourrait donner la moitié de la réserve en hydrogène que contenait la substance des *Azotobacter*.

Il en résulte que la synthèse de l'ammoniac peut marcher dans un milieu

minéral aux dépens de très faibles doses de substances organiques de constitution simple telles que l'éthanol, ou les sels d'acides gras, et cela en accumulant par une action lente, mais incessante un rendement relativement important d'ammoniac synthétique.

C'est ce qui a lieu dans le sol, milieu parfaitement comparable au point de vue oecologique à nos plaques.

C'est ce qui a lieu également dans les eaux, où ce sont les *Azomonades* (syn. *Azotobacter agilis*), espèces exclusivement aquatiques, qui s'en chargent.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur un cas où un corps pesant tournant, consistant en un noyau solide entouré d'une masse liquide, est en équilibre relatif stable.* Note (¹) de M. **Georges Giraud**.

Le but de cette Note est de montrer par un exemple que, par rapport à des axes animés d'une rotation uniforme, l'équilibre d'un corps pesant, consistant en un noyau solide entouré d'une masse liquide, est stable dans certains cas (²).

Il sera fait usage de la propriété suivante, qui peut être déduite de l'expression du champ newtonien d'un ellipsoïde homogène : tout ellipsoïde matériel dans lequel la densité est constante sur toute surface ellipsoïdale homofocale à la surface extérieure, a même champ newtonien dans la région extérieure qu'un ellipsoïde homogène de même masse totale et qui occuperait la même région de l'espace.

Donnons-nous une masse M_1 d'un solide homogène de densité ρ_1 et une masse M_2 d'un liquide homogène de densité ρ_2. La masse totale M et la densité moyenne ρ en résultent. Considérons un ellipsoïde de Maclaurin ou de Jacobi, dont la masse est M et la densité est ρ; soit ω sa vitesse angulaire. Remplaçons-le par un ellipsoïde qui occupe la même région de l'espace et qui est animé de la même vitesse angulaire; mais cet ellipsoïde est formé de la masse liquide et de la masse solide données, disposées de façon que le liquide entoure le solide et que la surface de séparation soit ellipsoïdale et homofocale à la surface libre. Les conditions d'équilibre relatif sont alors satisfaites.

(¹) Séance du 16 octobre 1939.

(²) Question soulevée par M. Marcel Brillouin (*Comptes rendus*, 207, 1938, p. 816 à 819).

Considérons seulement le cas où la surface libre est de révolution; soit $\sin u$ l'excentricité de sa méridienne $(0 < u < \pi/2)$. Nous allons voir que, *si* ρ_1 *est* $> \rho_2$ *et que u soit assez petit, l'équilibre relatif est séculairement stable.*

Pour cela, nous recourons au théorème de Lejeune-Dirichlet. Choisissons les unités de façon que la constante k de l'attraction newtonienne $kmm'r^{-2}$ soit $1/(4\pi)$. Soit h la demi-distance focale de la méridienne de la surface libre. Par rapport à un trièdre triorthogonal $Oxyz$, animé d'une rotation uniforme autour de Oz avec la vitesse angulaire ω, les coordonnées d'un point courant de cette surface sont

$$x = \frac{h \sin\theta \cos\varphi}{\sin u}, \qquad y = \frac{h \sin\theta \sin\varphi}{\sin u}, \qquad z = h \cot u \cos\theta \qquad (0 \leqq \theta \leqq \pi).$$

Soit $d\sigma$ l'élément d'aire de cette surface; posons

$$lh^2 \sqrt{1 - \sin^2\theta \sin^2 u} = \sin^2 u,$$

de sorte qu'on a $l\,d\sigma = \sin\theta\, d(\theta, \varphi)$. Soient

$$f_{n,p}(z) = k_{n,p} \frac{d^{n+p}(1 - z^2)^n}{dz^{n+p}},$$

$$C_{n,p} = f_{n,p}(\cos\theta) \sin^p\theta \cos(p\varphi), \qquad S_{n,p} = f_{n,p}(\cos\theta) \sin^p\theta \sin(p\varphi);$$

les constantes $k_{n,p}$ sont choisies de façon qu'on ait

$$\int^{(2)} C_{n,p}^2\, l\, d\sigma = 1 \qquad \text{et} \qquad f_{n,p}(1) > 0.$$

Soit enfin

$$H_{n,p} = \frac{f_{n,p}^2(i \cot u)}{\sin^{2p} u} \int_0^u \frac{\sin^{2p} t\, dt}{f_{n,p}^2(i \cot t)} \qquad (i^2 = -1);$$

les $H_{n,p}$ sont tous réels et positifs. Soit $F(\theta, \varphi)$ une fonction continue d'un point de l'ellipsoïde; on pose

$$\alpha_{n,p} = \int^{(2)} F C_{n,p}\, l\, d\sigma \qquad \text{et} \qquad \beta_{n,p} = \int^{(2)} F S_{n,p}\, l\, d\sigma,$$

et l'on suppose $\alpha_{0,0} = 0$. Sur chaque normale à l'ellipsoïde, positivement vers l'extérieur, on porte une longueur $Fl + A$, où A est une constante choisie de façon que la surface obtenue enferme un volume équivalent à celui de l'ellipsoïde; si alors F est le produit d'une fonction fixe par un infiniment petit $\varkappa$, $A\varkappa^{-2}$ est borné. On déformera le système matériel donné de façon que la nouvelle surface libre soit celle qui vient d'être définie, et

que le noyau solide vienne dans une nouvelle position qui va être définie. Soit $O'x'y'z'$ un trièdre lié au noyau et qui, avant la déformation, coïncide avec $Oxyz$; après la déformation, soient p_1, p_2 et p_3 les coordonnées de O' et soient, en négligeant les infiniment petits du second ordre, $(1, p_6, -p_5)$ les cosinus directeurs de $O'x'$, $(-p_6, 1, p_4)$ ceux de $O'y'$ et $(p_5, -p_4, 1)$ ceux de $O'z'$; les p_ν $(\nu = 1, \ldots, 6)$ sont regardés comme infiniment petits et éventuellement comme étant les produits de quantités fixes par $\varkappa$. Il faut que le centre de gravité du système déformé soit O; cela entraîne

$$p_1 : p_2 : p_3 : -\rho_2\sqrt{3}\sin^2 u :: \alpha_{1,1} : \beta_{1,1} : \alpha_{1,0}\cos u : 2\sqrt{\pi}(\rho - \rho_2)h^2\cos u.$$

Les particules du système déformé pourront avoir des vitesses initiales non nulles par rapport à $Oxyz$. L'énergie qu'il faut fournir au système donné pour l'amener dans cet état se compose de l'énergie cinétique due aux vitesses relatives à $Oxyz$, et d'un terme qui, en négligeant les infiniment petits d'ordre supérieur au second, est

$$\frac{2\pi}{3}\frac{\rho^2(\rho-\rho_2)}{\rho_2}\frac{H_{1,0}h^3}{\sin^4 u}[(p_1^2+p_2^2)\cos^2 u + p_3^2] - 2\sqrt{\frac{\pi}{15}}\rho_2(\rho-\rho_2)\frac{H_{2,1}h^2}{\sin u}(\beta_{2,1}p_4 - \alpha_{2,1}p_5)$$
$$+\frac{2\pi}{15}\frac{\rho-\rho_2}{\sin^4 u}[(\rho-\rho_2)(H_{1,1}-H_{1,0})\cos^2 u + \rho_2 H_{1,0}\sin^2 u]h^5(p_4^2+p_5^2)$$
$$+\rho_2\sum_{n=2}^{\infty}\sum_{p=0}^{n}\frac{\rho H_{1,0} - \rho_2 H_{n,p}}{2h}(\alpha_{n,p}^2 + \beta_{n,p}^2);$$

p_6 ne figure pas ici, pour une raison évidente. Dans cette expression, l'ensemble des termes où figurent les $p_\nu(\nu \leqq 5)$, $\alpha_{2,1}$ et $\beta_{2,1}$, est une forme quadratique qui est définie et positive quel que soit u. Il faut examiner les signes des autres termes. Les résultats suivants sont valables pour $\rho \geqq \rho_2$: quand $n-p$ est impair, $\rho H_{1,0} - \rho_2 H_{n,p}$ est positif quel que soit u; quand $n-p$ est pair, $\rho H_{1,0} - \rho_2 H_{n,p}$ est positif pour u assez petit, et négatif pour u assez voisin de $\pi/2$, et s'annule une seule fois dans l'intervalle; par rapport à ρ, la fonction u ainsi définie est croissante; si n ou p varie de façon que $n-p$ reste pair et $\geqq 0$, cette fonction est croissante par rapport à n et décroissante par rapport à p; enfin si l'on remplace p par $n-2q$ et qu'on laisse q constant, cette fonction u est croissante par rapport à n. Il en résulte que, ρ et ρ_2 étant fixes, c'est pour $n = p = 2$ que cette fonction u est minimum, et elle est toujours supérieure à sa limite pour $\rho = \rho_2$, elle-même $>$ arc tg 1,394. Il est alors possible de démontrer que, *u ayant une valeur fixe telle que $\rho H_{1,0} - \rho_2 H_{2,2}$ soit positif, l'énergie en question est positive et non nulle quels que soient* F *et les p_ν, pourvu seulement que le maxi-*

mum de $|F|$ *et tous les* $|p_\nu|(\nu \leq 5)$ *soient assez petits et non tous nuls.* Il y a donc bien stabilité séculaire quand u est ainsi choisi, si du moins l'analogie avec les systèmes de corps solides est valable ici.

CORRESPONDANCE.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la totalisation par rapport à une fonction à variation bornée généralisée.* Note [1] de M. **J. Ridder** [2], présentée par M. Émile Borel.

Définition 1. — Considérons sur un ensemble borné $\mathcal{E}$ deux fonctions finies, $\mathcal{F}(x)$ et $\alpha(x)$, où $\alpha(x)$ est en outre *monotone non-décroissante*. Alors $\mathcal{F}(x)$ est dite *absolument continue sur* $\mathcal{E}$ *par rapport à* $\alpha(x)$ si, quel que soit $\varepsilon > 0$, il existe un $\eta > 0$ tel que pour toute suite finie d'intervalles, $\{(a_i, b_i)\}$, n'empiétant pas les uns sur les autres, et dont $\mathcal{E}$ contient les extrémités,

$$\sum_{(i)} \{\alpha(b_i) - \alpha(a_i)\} < \eta \quad \text{entraîne} \quad \sum_{(i)} |\mathcal{F}(b_i) - \mathcal{F}(a_i)| < \varepsilon.$$

Définition 2. — La fonction $\alpha(x)$ sera dite *à variation bornée généralisée dans le segment* (a, b) ou, en abrégé, *fonction* (VBG) *dans* (a, b), lorsque (a, b) est la somme d'un ensemble dénombrable $\mathcal{A}$ (qui peut être vide) et d'une suite finie ou dénombrable d'ensembles parfaits $(\mathcal{T}_j)$ [3] telle que $\alpha(x)$ est à variation bornée sur chaque $\mathcal{T}_j$.

Définition 3. — La fonction finie $\mathcal{F}(x)$ sera dite *absolument continue dans* (a, b) *au sens généralisé par rapport à une fonction* $\alpha(x)$, *qui est* (VBG) *dans* (a, b) ou, en abrégé, *fonction* (ACG) *dans* (a, b) *par rapport à cette même fonction* $\alpha(x)$, lorsque (a, b) est la somme d'un ensemble dénombrable $\mathcal{A}$ (qui peut être vide) et d'une suite finie ou dénombrable d'ensembles parfaits $(\mathcal{T}_j)$ [3] telle que $\alpha(x)$ est à variation bornée sur chaque $\mathcal{T}_j$ et que la fonction $\mathcal{F}(x)$ est absolument continue sur ce $\mathcal{T}_j$ par

---

[1] Séance du 16 octobre 1939.

[2] On peut comparer les définitions et théorèmes de cette Note avec des définitions et théorèmes de la théorie de la totalisation (ordinaire) dans le livre de M. S. Saks, *Theorie of the Integral*, sec. ed., 1937, Chapters VII and IX.

[3] Les ensembles parfaits ne sont pas nécessairement disjoints deux à deux.

rapport à la fonction

$$\mathcal{U}_{\alpha_{\mathfrak{T}_j}(x)}(x) = \mathcal{V}_{\alpha_{\mathfrak{T}_j}(x)}(x) + \sum_{\substack{a \\ (n)}}^{x} \{ b_n^{(j)} - a_n^{(j)} \} + \{ x - a_{n(x)}^{(j)} \};$$

$\mathcal{V}_{\alpha_{\mathfrak{T}_j}(x)}(x)$ est la variation totale dans (a, x) de la fonction $\alpha_{\mathfrak{T}_j}(x)$, qui coïncide avec $\alpha(x)$ dans a et b et dans les points de $\mathfrak{T}_j$, et qui est linéaire dans les segments $(a_n^{(j)}, b_n^{(j)})$ de (a, b), contigus à $\mathfrak{T}_j$, tandis que le dernier terme du second membre apparaît seulement lorsque x est contenu dans un intervalle contigu.

Définition 4. — Une fonction $\mathcal{F}(x)$ remplit *la condition* $(\mathcal{N}_{\alpha(x)})$ *dans le segment* (a, b), *où* $\alpha(x)$ *est* (VBG), si l'on a $(a, b) = \mathfrak{A} + \sum_{j=1}^{\infty} \mathfrak{T}_j$ [3], avec $\mathfrak{A}$ dénombrable (et éventuellement vide), chaque $\mathfrak{T}_j$ parfait et $\alpha(x)$ à variation bornée sur chaque $\mathfrak{T}_j$, et si pour tout sous-ensemble E_j d'un ensemble $\mathfrak{T}_j$ $(j = 1, 2, \ldots)$, avec la mesure lebesguienne, $m_{\mathcal{V}_{\alpha_{\mathfrak{T}_j}(x)}}(E^j)$, par rapport à $\mathcal{V}_{\alpha_{\mathfrak{T}_j}(x)}(x)$ [4] égale à zéro, l'ensemble des valeurs $\mathcal{F}(E_j)$, prises par $\mathcal{F}(x)$ dans les points de E_j, a une mesure lebesguienne (ordinaire), $m[\mathcal{F}(E_j)]$, égale à zéro.

Théorème I. — *Toute fonction* $\mathcal{F}(x)$, (ACG) *dans* (a, b) *par rapport à une fonction* $\alpha(x)$, *qui est elle-même* (VBG) *dans* (a, b), *remplit la condition* $(\mathcal{N}_{\alpha(x)})$ *dans* (a, b).

Définition 5. — Considérons deux fonctions finies $\mathcal{F}(x)$ et $\alpha(x)$, définies sur un ensemble $\mathfrak{T}$, qui contient ξ et dont ξ est un point d'accumulation à droite. Si pour tout $h > 0$ l'intervalle $[\xi, \xi + h]$ contient des points (x) de $\mathfrak{T}$ avec $\alpha(x) > \alpha(\xi)$, alors

$$\underline{\mathcal{D}}_{\alpha(x);d_1}^{(\mathfrak{T})} \mathcal{F}(\xi) = \liminf_{\substack{x \to \xi;\, x \in \mathfrak{T}; \\ x > \xi;\, \alpha(x) > \alpha(\xi)}} \frac{\mathcal{F}(x) - \mathcal{F}(\xi)}{\alpha(x) - \alpha(\xi)}$$

définira dans ξ *le dérivé inférieur à droite de* $\mathcal{F}(x)$ *sur* $\mathfrak{T}$, *de première sorte par rapport à* $\alpha(x)$.

Si pour tout $h > 0$ $[\xi, \xi + h]$ contient des points (x) de $\mathfrak{T}$ avec $\alpha(x) < \alpha(\xi)$, alors

$$\underline{\mathcal{D}}_{\alpha(x);d_2}^{(\mathfrak{T})} \mathcal{F}(\xi) = \liminf_{\substack{x \to \xi;\, x \in \mathfrak{T}; \\ x > \xi;\, \alpha(x) < \alpha(\xi)}} \frac{\mathcal{F}(x) - \mathcal{F}(\xi)}{\alpha(x) - \alpha(\xi)}$$

définira dans ξ *le dérivé inférieur à droite de* $\mathcal{F}(x)$ *sur* $\mathfrak{T}$, *de seconde sorte par rapport à* $\alpha(x)$.

---

[4] Voir la définition 3 pour la signification de $\mathcal{V}_{\alpha_{\mathfrak{T}_j}(x)}$.

D'une manière analogue on peut définir dans ξ *les dérivés supérieurs à droite de* $\mathcal{F}(x)$ *sur* $\mathfrak{P}$, *de première et de seconde sorte par rapport à* $\alpha(x)$, $\overline{\mathcal{D}}_{\alpha(x);d_1}\mathcal{F}(\xi)$ resp. $\overline{\mathcal{D}}_{\alpha(x);d_2}\mathcal{F}(\xi)$.

Si ξ appartient à $\mathfrak{P}$ et en est un point d'accumulation à gauche et si pour tout $h > 0$ l'intervalle $[\xi - h, \xi]$ contient des points (x) de $\mathfrak{P}$ avec $\alpha(x) \neq \alpha(\xi)$, on peut définir dans ξ *deux ou quatre dérivés extrêmes à gauche de* $\mathcal{F}(x)$ *sur* $\mathfrak{P}$, *de première ou (et) de seconde sorte par rapport à* $\alpha(x)$ (5).

Lemme. — Si $\alpha(x)$ est à variation bornée sur l'ensemble parfait $\mathfrak{P}$, situé dans (a, b) et si la fonction finie $\mathcal{F}(x)$, définie pour les points de $\mathfrak{P}$, satisfait aux conditions : 1° dans les points d'un ensemble $\mathcal{E} \subseteq \mathfrak{P}$ les dérivées extrêmes $\underline{\mathcal{D}}^{(\mathfrak{P})}_{\alpha(x);d_1}\mathcal{F}(x)$ et $\overline{\mathcal{D}}^{(\mathfrak{P})}_{\alpha(x);d_2}\mathcal{F}(x)$ (s'ils existent) sont inférieurs en valeur absolue à un nombre fixe $\mathfrak{M}$; 2° pour tout point ξ de $\mathcal{E}$, qui est un point d'accumulation à droite de $\mathfrak{P}$, il existe un nombre positif $h(x)$ tel que $x \varepsilon \mathfrak{P}[\xi, \xi + h(\xi)]$ et $\alpha(x) = \alpha(\xi)$ entraîne $\mathcal{F}(x) = \mathcal{F}(\xi)$, alors la mesure extérieure de l'ensemble $\mathcal{F}(\mathcal{E})$ des valeurs prises par $\mathcal{F}(x)$ dans les points de $\mathcal{E}$ satisfait à l'inégalité $\overline{m}[\mathcal{F}(\mathcal{E})] \leqq \mathcal{J}\mathfrak{M}\,\overline{m}_{\mathcal{V}_{\alpha_{\mathfrak{P}}}(x)}(\mathcal{E})$ (6).

Ce lemme permet d'étendre le théorème I; nous obtenons le

Théorème II. — *Soient* $\mathcal{F}(x)$ *et* $\alpha(x)$ *deux fonctions* (VBG) *dans* (a, b). *En tout point* ξ *de discontinuité de* $\alpha(x)$ *soit donné un nombre fini* $\mathfrak{A}(\xi)$ *tel que*

$$\lim_{x \to \xi} [\mathcal{F}(x) - \mathcal{F}(\xi) - \mathfrak{A}(\xi)\{\alpha(x) - \alpha(\xi)\}] = 0;$$

en tout autre point de (a, b) $\mathcal{F}(x)$ *soit continue. Alors pour que* $\mathcal{F}(x)$ *soit* (ACG) *par rapport à* $\alpha(x)$ *dans* (a, b), *il faut et il suffit qu'elle y possède la propriété* $(\mathfrak{N}_{\alpha(x)})$.

---

(5) Pour les dérivés de *première* sorte on prendra des points (x) de $\mathfrak{P}$ avec $x < \xi$ et $\alpha(x) < \alpha(\xi)$.

(6) $\overline{m}$ et $\overline{m}_{\varphi(x)}$ désignent respectivement la mesure extérieure ordinaire et la mesure extérieure par rapport à $\varphi(x)$. Comparer la définition 3 pour la signification de $\mathcal{V}_{\alpha_{\mathfrak{P}}(x)}$. La conclusion reste la même si l'on remplace la condition 1° par la condition moins stricte : dans les points de $\mathcal{E}$ $\liminf\limits_{\substack{x \to \xi;\ x \varepsilon \mathfrak{P} \\ x < \xi;\ \alpha(x) \neq \alpha(x)}} [\mathcal{F}(x) - \mathcal{F}(\xi)/|\alpha(x) - \alpha(\xi)|]$ reste inférieur en valeur absolue à un nombre fixe $\mathfrak{M}$.

HYDRAULIQUE. — *Sur la similitude des phénomènes d'entraînement d'air par l'eau en mouvement.* Note [1] de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

L'observation directe montre que l'entraînement d'air ne présente pas en général des aspects semblables sur un ouvrage et sur son modèle réduit; nous avons eu l'occasion de préciser ce point, au cours de nos études sur les vortex [2] et les évacuateurs de crues à galerie souterraine [3].

Dans la présente Note, nous allons montrer que la similitude des phénomènes d'entraînement d'air est théoriquement impossible, dans les systèmes comportant une surface libre soumise à la pression atmosphérique, même si l'on suppose l'agitation de turbulence suffisante pour éliminer toute perturbation due à la viscosité, et si l'on ne fait pas entrer en ligne de compte la tension superficielle : l'existence de la similitude exigerait d'effectuer les essais en maintenant sur la surface libre du modèle à l'échelle $1/\lambda$ une pression réduite dans le rapport $1/\lambda$ vis-à-vis de la pression atmosphérique, condition analogue à celle qui doit être respectée pour la similitude des phénomènes de cavitation dans les systèmes à surface libre.

Considérons en effet une poche d'air de volume W_{01} qui se forme en un point donné M_{01} de la surface libre du modèle réduit, et soit H_{01} la pression absolue qui règne en ce point, exprimée en hauteur d'eau; à un instant postérieur, cette masse d'air a été entraînée par le courant d'eau en un point M_1, situé à l'intérieur de la masse liquide où elle occupe un volume W_1, sous la pression absolue H_1. Quels que soient les échanges de chaleur ou les variations de température, on peut toujours écrire, γ étant un exposant égal ou supérieur à l'unité,

$$H_{01} W_{01}^{\gamma} = H_1 W_1^{\gamma}.$$

Soient W_{02}, H_{02}, W_2, H_2, les quantités homologues intervenant dans l'ouvrage réel aux points M_{02} et M_2, respectivement homothétiques de M_{01} et M_1; on a

$$H_{02} W_{02}^{\gamma} = H_2 W_2^{\gamma}.$$

---

[1] Séance du 16 octobre 1939.

[2] *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1048.

[3] *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 213.

et, par suite,

$$\frac{W_2}{W_1} = \frac{W_{02}}{W_{01}} \left[\frac{H_{02}}{H_{01}} \frac{H_1}{H_2} \right]^{\frac{1}{\gamma}}.$$

Pour qu'il y ait similitude, il faut avoir

$$\frac{W_2}{W_1} = \frac{W_{02}}{W_{01}} \quad \text{et donc} \quad \frac{H_{02}}{H_{01}} = \frac{H_2}{H_1} = \lambda,$$

puisque, d'après les lois relatives aux systèmes à surface libre, le rapport des pressions H_2 et H_1 doit être égal à λ.

Les pressions H_{02} et H_{01}, régnant sur les deux surfaces libres, devraient donc être dans le rapport λ pour permettre l'existence de la similitude; c'est le résultat énoncé au début de cette Note.

Dans la technique habituelle des essais sur modèles réduits avec surface libre en contact avec l'atmosphère, on a, H_a désignant la pression atmosphérique

$$H_{02} = H_{01} = H_a,$$
$$H_1 = H_a + h_1,$$
$$H_2 = H_a + h_2 = H_a + \lambda h_1,$$

h_1 et h_2 étant les pressions en hauteur d'eau en M_1 et M_2, comptées au-dessus de la pression atmosphérique.

On a donc

$$\frac{W_2}{W_{02}} = \frac{W_1}{W_{01}} \left[\frac{H_a + h_1}{H_a + \lambda h_1} \right]^{\frac{1}{\gamma}} < \frac{W_1}{W_{01}}.$$

La similitude n'existe pas : la réduction de volume de l'air entraîné est relativement plus grande dans la réalité que dans le modèle, la différence étant d'autant plus grande que la pression h_1 est elle-même plus forte, c'est-à-dire d'autant plus grande que l'air se trouve entraîné à une profondeur plus notable.

PIÉZOÉLECTRICITÉ. — *Sur la valeur absolue du module piézoélectrique principal du quartz.* Note de M. **André Langevin**, présentée par M. Paul Langevin.

L'examen des chiffres donnés par les différents auteurs pour la valeur du module piézoélectrique δ du quartz, résultats variant entre $4{,}94 \cdot 10^{-8}$ c.g.s. et $7{,}18 \cdot 10^{-8}$, m'a conduit à reprendre cette mesure.

J'ai d'abord essayé de dégager la cause des divergences entre les résultats. Deux hypothèses se présentent; ou bien on suppose que le module piézoélectrique du quartz n'est pas une constante physique, et il est naturel de constater des variations d'un échantillon à l'autre, ou bien on admet que ce module est une constante comme les autres grandeurs physiques du quartz (constantes optiques et mécaniques), et il faut alors rechercher la cause des divergences.

Ayant choisi la seconde hypothèse qui m'apparaissait s'imposer, j'ai recherché la cause d'erreur, non pas dans la voie d'une erreur expérimentale accidentelle, hypothèse *a priori* à rejeter étant donné la qualité incontestée de la plupart des auteurs, mais plutôt dans le sens d'une mauvaise qualité possible des lames de quartz qui avaient été utilisées.

En fait, jusqu'à ces dernières années, les lames de quartz étaient directement fournies aux laboratoires par des opticiens spécialisés. Ces lames n'étaient contrôlées que par des méthodes optiques; or il existe dans les cristaux de quartz des macles à axes optiques parallèles très gênantes au point de vue piézoélectrique, puisqu'elles correspondent à des associations de cristaux à axes électriques opposés. Ces macles ne pouvant être décelées par les méthodes optiques, il était donc possible que de telles macles soient présentes au sein des lames utilisées.

De plus, l'importance des macles non décelées pouvant être différente d'une lame à l'autre, les divergences entre les résultats se trouvaient expliquées.

Pour vérifier l'exactitude de cette explication, il fallait :

1° montrer que les lames de quartz utilisées autrefois possédaient *généralement* des macles à axe optique parallèle;

2° utiliser une méthode permettant d'obtenir des lames plus pures, exemptes de macles de tous les genres;

3° mesurer le module avec des lames plus pures.

Pour montrer que les lames utilisées précédemment étaient vraisemblablement maclées, nous n'avons pu faire mieux que d'examiner par la méthode des figures de corrosion artificielles (méthode due à Daniel et utilisée par les minéralogistes depuis 1816) des lames de l'Institut du Radium et des différents laboratoires de l'École de Physique et Chimie.

En particulier, M[lle] Chamié a bien voulu me confier plusieurs des anciennes lames du laboratoire Curie, lames qui sont numérotées et classées depuis l'époque où Curie a étudié pour la première fois la piézoélectricité du quartz.

Les résultats obtenus avec les lames des autres laboratoires étant tout à fait analogues, nous nous contenterons d'indiquer à titre d'exemple les résultats obtenus avec les lames de l'Institut du Radium.

Numéro de la lame.	Longueur utile (en cm) (armature).	Valeur obtenue par moi-même.		Valeur obtenue par Mlle Chamié.	
		Quantité d'électricité par kg.	$\delta.10^8$.	Quantité d'électricité par kg.	$\delta.10^8$.
14......	5,4	5,50	6,67	5,377	6,54
15......	9,2	10,024	6,7	10,04	6,7
26......	8,75	9,4	6,92	9,38	6,90
34......	4,18	3,75	5,675	3,822	5,77

On remarquera que les résultats obtenus des deux côtés avec les mêmes lames sont assez concordants, bien qu'obtenus par des méthodes différentes.

La lame n° 34, donnant une valeur du module particulièrement faible, a été démontée et attaquée à l'acide fluorhydrique pendant 3 heures; l'examen des figures de corrosion artificielles ainsi obtenues montre l'existence d'une macle à axe optique parallèle de dimensions importantes.

Cette lame ayant été retaillée de façon à supprimer cette macle, la mesure du module donne alors $6{,}83.10^{-8}$ c.g.s. au lieu de $5{,}77.10^{-8}$; ce qui montre que l'anomalie constatée était bien due à la présence de cette macle; nous avons procédé de même avec d'autres lames et la conclusion a été chaque fois la même.

Il semble donc que l'on puisse considérer que les lames donnant une valeur trop faible du module sont maclées.

Il restait enfin à déterminer, sur des lames ne présentant aucune macle visible avec nos moyens d'investigations actuels, la valeur plus approchée du module piézoélectrique du quartz.

Les lames non maclées que j'ai étudiées se classent en deux catégories; les unes ont été examinées par moi, les autres ont été contrôlées et taillées sous la direction de M. Tournier. Ces dernières lames sont taillées avec une grande précision.

Les résultats obtenus sont les suivants :

Nature de la lame.	Longueur utile (en cm).	Épaisseur.	Quantité d'électricité par kg.	$\mathfrak{S}.10^{+8}$.
Contrôlée par mes soins.	5	0,12	2,90	7,10
	4,9	0,045	7,57	7,10
Contrôlée par M. Tournier.	5,37	0,1	3,70	7,01
	5,35	0,1	3,675	7,007
	5,4	0,1	3,70	6,995
	5,375	0,1	3,717	7,065

Il semble donc qu'on puisse en conclure qu'une lame pure donne une valeur du module légèrement supérieure à 7.10^{-8} c.g.s. et que le module piézoélectrique du quartz pur paraît être une véritable constante physique, si l'on tient compte de l'imperfection des méthodes de contrôle actuelles des lames, qui laissent nécessairement subsister à l'intérieur même de la lame une quantité variable de macles de très petites dimensions.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la mutation* trans-cis *de quelques complexes cobaltiques*. Note de M. **Jules Brüll**, présentée par M. Paul Lebeau.

De nombreuses mutations *trans-cis* accompagnant des réactions de substitution ont été signalées par Werner (¹) dans la série des cobaltidiéthylènediamines, mais, d'après les indications de Jœrgensen (²), la transposition directe du dérivé *trans* en son isomère *cis* paraît possible.

Nous nous sommes proposé d'étudier cette mutation pour quelques complexes tels que les dérivés dichloro, dibromo, chloroaquo etc. de diéthylènediamine.

Les spectres d'absorption dans le visible des composés *trans* et *cis* sont nettement différents les uns des autres. Le *trans* $[Co\,en^2Cl^2]Cl$ par exemple donne entre 510^{μ} et 546^{μ} un minimum d'absorption et le *cis* un maximum. La mesure de cette absorption doit donc permettre de suivre aisément la transformation envisagée.

Une difficulté considérable dans l'étude de la mutation est qu'il s'y superpose une hydratation du sel. Les sels neutres et les acides diminuent sensiblement la vitesse de cette réaction (³); c'est pourquoi nous avons

(¹) *Annalen der Chemie*, **54**, 1912, p. 386.
(²) *Journ. pr. Chemie*, [2e série], **41**, 1890, p. 448.
(³) Brüll, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 349.

travaillé en présence de KBr, KCl, ou KBr, HCl en proportion de 0,15 mol-g pour 0,01 mol-g de complexe.

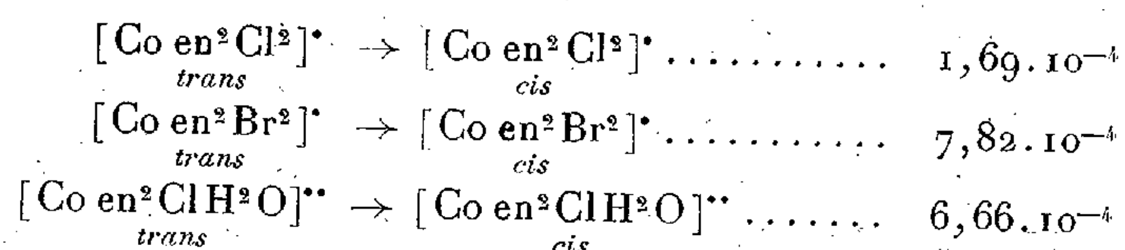
Nous avons laissé évoluer la solution en déterminant de temps en temps son spectre d'absorption; pendant ces observations l'hydratation, mesurée par conductivité, était négligeable. Les spectres observés sont identiques à ceux que l'on obtient en employant des mélanges synthétiques des deux dérivés.

La détermination quantitative des composants en solution a été faite au moyen d'une courbe d'étalonnage. En mesurant pour une longueur d'onde déterminée le coefficient d'absorption des solutions synthétiques et en portant ces valeurs sur un graphique en fonction de la proportion des deux constituants on obtient une droite, ce qui est d'ailleurs la preuve de l'additivité de l'absorption. Si donc, au cours de l'évolution, on trouve un certain coefficient d'absorption, on en déduit par examen de la droite la proportion des deux isomères.

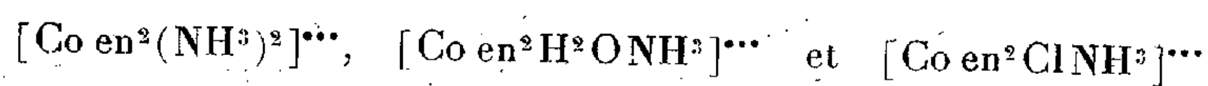
On constate ainsi que la réaction de transposition est monomoléculaire. L'ordre de cette réaction est d'ailleurs conservé si l'on fait varier de 0,15 à 0,5 mol-g pour 0,01 mol-g de *trans* la proportion de l'acide ou du sel ajouté [4].

Il s'agit donc bien d'une réaction intramoléculaire spontanée indépendante de la concentration en cation ou en anion.

Les constantes de vitesse, calculées à partir de l'équation $k = 1/t \log c_0/c_t$, pour la température de 18° et pour la concentration de 0,01 mol-g, sont :



Nous avons constaté d'autre part que les isomères *trans* de



ne se transforment pas.

Par contre l'ion $[\mathrm{Co en^2(H^2O)^2}]^{\bullet\bullet\bullet}$ se transforme très vite et la réaction est fortement influencée pour les acides.

---

[4] Dans le cas d'un chlorure complexe, on ajoute toujours un bromure neutre ou acide et vice versa.

Voici les constantes de vitesse à 18° :

	Sans acide.	Mol/g HBr 0,002.	0,003.
$[\mathrm{Co\,en^2(H^2O)^2}]^{\cdots}_{trans} \rightarrow [\mathrm{Co\,en^2(H^2O)^2}]^{\cdots}_{cis}$ ...	$4,73.10^{-3}$	$1,60.10^{-3}$	$9,50.10^{-4}$

Pour expliquer l'influence des acides sur la transformation des dihydrines on pourrait admettre qu'il s'agit ici de la substitution d'une molécule d'eau libre à une molécule d'eau liée à la covalence, substitution au cours de laquelle s'accomplirait la mutation. Cette substitution des molécules d'eau peut être assimilée à une hydratation qui, suivant les études déjà faites, est sensible à l'action des acides.

GÉOLOGIE. — *Structure de la troisième écaille, dans la chaîne de Montbrison* (*Briançonnais*). Note de M. **Jean Goguel**, présentée par M. François Grandjean.

J'ai étudié récemment les montagnes entre Briançon et Vallouise, décrites jadis par Pierre Termier [1]. Bien que je n'aie pu effectuer certaines excursions complémentaires, ni procéder à l'étude micrographique des échantillons recueillis, il me paraît utile d'indiquer dès maintenant les résultats obtenus.

Dans la région située au sud des terrains cristallins de la quatrième écaille, Termier distinguait deux séries en superposition anormale, la deuxième et la troisième écaille. Il n'y a presque rien à changer à la description de cette unité supérieure, qui forme l'extrême sommet de la Tête d'Amont et du Pic de Montbrison, toute la partie supérieure du Sablier (sur le flanc ouest duquel un redoublement, sans doute local, a emprisonné une très mince bande de marbres en plaquettes d'une unité inférieure, entre deux masses de calcaire triasique appartenant toutes deux à la troisième écaille), et la masse entière de Rocher-Bouchard et de la Condamine.

Dans l'ensemble, les terrains qui constituent la troisième écaille présentent une allure assez régulière, et sont peu inclinés; les replis sont rares; en dehors de la duplicature mentionnée ci-dessus, on ne peut guère citer que le gros anticlinal de Rocher-Bouchard, et le synclinal couché de Serre-Groselière.

---

[1] *Les montagnes entre Briançon et Vallouise* (*Mém. Carte Géol.*, Paris, 1903).

Dans la vallée des Combes, à l'Est de la Condamine, on saisit nettement les rapports entre la troisième écaille et son substratum. Sous le calcaire triasique de la troisième écaille, on observe une bande à peu près continue de quartzites du Trias, et, plus à l'Est, de Houiller et de Permien broyés. Sous cette bande, on trouve une unité inférieure (deuxième écaille), représentée par du flysch reposant directement sur une barre de calcaire triasique. Juste en amont du hameau des Combes, la bande de quartzites et de Houiller se raccorde à un volumineux anticlinal des mêmes terrains, anticlinal déversé à l'Ouest, et qui limite l'extension de l'unité inférieure. Il s'agit là très vraisemblablement de la racine de la troisième écaille. Le premier anticlinal qui a pris naissance affectait aussi bien les terrains siliceux (Houiller, Permien, quartzites du Trias) que les terrains calcaires. Mais ensuite cette couverture calcaire, tectoniquement beaucoup plus plastique, a été décollée et s'est avancée de plusieurs kilomètres, en n'entraînant à sa base que des copeaux de son substratum siliceux.

A vrai dire, s'il n'a pas été entraîné dans son ensemble, l'anticlinal de terrains siliceux a été fracturé vers l'Ouest en un certain nombre de coins. Entre deux de ceux-ci, et sous la bande de terrains siliceux, on retrouve, au Sud du Rocher-Blanc, un lambeau de la brèche de base des marbres en plaquettes, renversée mais en contact stratigraphique normal avec une masse de calcaire triasique. Cette transgression, et celle signalée ci-dessus du flysch sur le calcaire triasique, soulignent le caractère constamment anticlinal de la zone suivant laquelle s'est produite la rupture.

A l'Est de cet axe anticlinal, les lambeaux synclinaux de calcaire triasique de la Ratière et de Puy-Chalvin, et ceux de Notre-Dame-des-Neiges, ne peuvent plus être rattachés à une écaille déterminée. Ils représentent la couverture normale du Houiller de Briançon, dans une région sans duplicature.

Vers le Sud, l'axe anticlinal siliceux des Combes, redressé ou parfois déversé à l'Est, forme le versant oriental de la crête d'Aquila ; il est complètement séparé par l'érosion des lambeaux de la troisième écaille cités ci-dessus. Dans l'intervalle, on observe des terrains qui doivent être rapportés à la deuxième écaille. Sur le versant Ouest de la crête d'Aquila, ce sont des calcaires du Trias, du Dogger et du Malm, avec un peu de flysch, très disloqués et interrompus par des lambeaux de quartzites, qui jouent un rôle analogue aux coins qui accidentent le versant Ouest de l'anticlinal des Combes. On peut interpréter de même, ou comme base de la troisième écaille (Termier), les lambeaux de quartzites qui forment le pied est du

Sablier. Abstraction faite de ces lambeaux, la deuxième écaille est représentée, au Sud de Rocher-Bouchard, par une bande à peu près continue de Malm (à l'Ouest) et de Dogger, qui se complète, dans la crête des Chalanches, et surtout aux Tenailles, par une épaisse série de calcaire triasique. Toutefois, il est impossible de rapporter à la deuxième écaille tous les calcaires triasiques de ce versant. En particulier, au pied du Pic de Montbrison, de gros bancs dessinent un synclinal, posé sur la tranche de la série, et qui doit appartenir à la troisième écaille. Un lambeau de quartzites, pincé sous ce synclinal au Sud-Ouest, confirme cette interprétation, mais il est impossible de suivre ailleurs le contact anormal entre calcaire triasique et calcaire triasique.

Termier interprétait le chaînon de la Croix de Salcette comme un anticlinal de calcaire triasique, apparaissant en fenêtre sous les quartzites et le Houiller, et qui devrait alors appartenir à une unité inférieure à la deuxième écaille (d'ailleurs non distinguée par Termier). Les pendages semblent justifier cette interprétation, mais nous avons découvert en plusieurs points, à l'Est du sommet, et sur la grande paroi qui le limite au Sud, des charnières tournées en sens inverse. Il s'agirait donc d'un synclinal, fortement pincé et déversé vers l'Ouest, homologue à part cela du synclinal de Ratière. Les lambeaux de quartzite situés immédiatement à l'Ouest représenteraient la suite de l'axe anticlinal Combes-Aquila.

OCÉANOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Mesure du* pH *dans l'Océan Atlantique et dans l'Océan Pacifique*. Note (¹) de M. **Jules Rouch**, présentée par M. Paul Portier.

Au cours d'un voyage du Havre à San-Francisco par le canal de Panama, à bord du paquebot français *Oregon*, au mois de juillet et août 1939, nous avons effectué de nombreuses mesures du pH des eaux de mer de surface.

Nous avons employé la méthode colorimétrique, en utilisant les mélanges tampons de Palitzch, et le rouge de crésol comme indicateur; la correction de salinité a été faite.

Ces mesures effectuées par le même observateur dans les deux océans, à peu de jours d'intervalle, permettent des comparaisons intéressantes.

---

[1] Séance du 16 octobre 1939.

Si nous groupons nos observations suivant la latitude, nous obtenons les valeurs du pH données dans le tableau ci-après. Les variations du pH sont très faibles dans des lieux rapprochés, et les valeurs extrêmes observées dans les zones indiquées s'écartent très peu, et souvent pas du tout, des valeurs moyennes.

Valeurs moyennes du pH.

Latitude (N).....	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5
Océan Atlantique....	8,08	8,17	8,22	8,19	8,20	8,20	8,20	8,17	–	
Océan Pacifique......	–	–	8,12	8,20	8,22	8,24	8,25	8,26	8,23	

La valeur du pH des eaux de surface est donc, dans l'Atlantique, plus faible dans nos latitudes que dans les latitudes plus méridionales.

Une variation analogue s'observe dans l'Océan Pacifique.

Mais le résultat le plus remarquable de nos mesures réside, à mon avis, dans les valeurs relativement très fortes du pH (8,25 et même supérieures à 8,25) observées dans l'Océan Pacifique entre les tropiques et l'équateur, le long des côtes du Mexique et de l'Amérique centrale.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Éricacées. Développement de l'embryon chez le* Pyrola rotundifolia *L.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

Rien d'exact n'a été écrit ni figuré sur le développement de l'embryon du *Pyrola rotundifolia*. Les raisons en sont toujours les mêmes. On n'a pas suivi rigoureusement la marche de la segmentation en prenant l'œuf à ses premiers cloisonnements.

Comme le montrent les figures 1 à 3, il se constitue une tétrade linéaire par division transversale de la cellule apicale et de la cellule basale du proembryon bicellulaire. La cellule basale se segmente tantôt avant, tantôt après la cellule apicale; elle semble même dans certains cas demeurer indivise. Quoi qu'il en soit, elle ne prend nulle part à la construction de l'embryon ou de la plante et l'on doit en faire abstraction dans l'établissement des lois du développement. Les deux cellules supérieures de la tétrade *cc* et *cd* produisent une tétrade en T (*fig.* 4, 5), puis, à la génération suivante, un groupe le plus souvent octocellulaire, présentant quatre étages : *q*, *m*, *n* et *n'* (*fig.* 6, 7).

L'étage *q* est composé de quatre quadrants qui, par divisions transversales, produisent quatre octants supérieurs, *os*, et quatre octants inférieurs, *oi* (*fig.* 8, 9). Les premiers engendrent la partie supérieure du proembryon, celle qui correspond à la

partie cotylée; ils se segmentent assez irrégulièrement par des parois tantôt périclines (*fig.* 10, 11), tantôt anticlines (*fig.* 13, 15), suivies de quelques autres parois diversement orientées. On sait que, chez les *Pyrola*, il ne se développe pas de cotylédons. Cette partie cotylée reste constituée d'un petit nombre de blastomères, assez gros, n'offrant aucune différenciation. Les octants inférieurs donnent naissance à la partie supérieure dé l'hypocotyle *l'*. Leurs processus de division sont aussi assez irréguliers. Ils se cloisonnent tout d'abord soit verticalement (*fig.* 11), soit transversalement

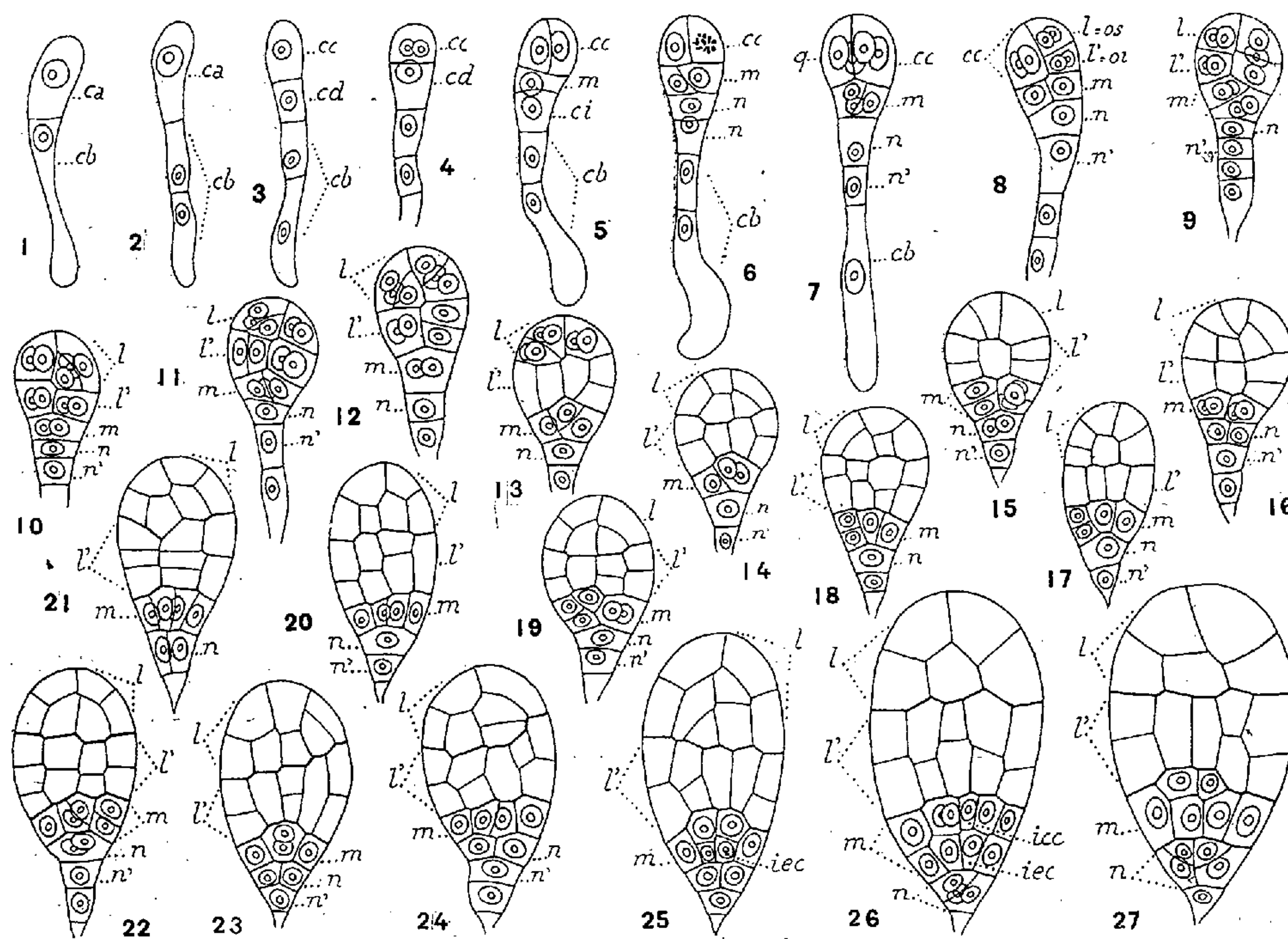


Fig. 1 à 27. — *Pyrola rotundifolia* L. — Les principaux stades du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *cc* et *cd*, cellules filles superposées de *ca*; *q*, quadrants; *os* ou *l*, octants supérieurs ou partie cotylée; *oi* ou *l'*, octants inférieurs ou partie supérieure de l'hypocotyle; *m*, cellule fille supérieure de *cd* ou partie inférieure de l'hypocotyle; *ci*, cellule fille inférieure de *cd*; *n*, cellule fille supérieure de *ci* ou partie médiane de la coiffe; *n'*, cellule fille inférieure de *ci* entrant dans la construction du suspenseur proprement dit; *icc*, initiales de la stèle et *iec*, initiales de l'écorce de la racine. G. = 330.

(*fig.* 12); à ces premières parois succèdent quelques autres cloisons plus ou moins normales aux précédentes. Les cellules périphériques qui résultent de ces divisions peuvent offrir, au terme de la vie intraséminale, les caractères d'un épiderme, mais les cellules intérieures, peu nombreuses, ne paraissent nullement différenciées en périblème et plérome.

L'étage *m* produit la partie inférieure de l'hypocotyle, aux dépens de laquelle se constituent les initiales de la stèle et de l'écorce de la racine. Les premières cloisons,

dans cet étage, sont verticales (*fig.* 8, 15, 16, 20, 21), souvent obliques (*fig.* 6, 9, 11, 13, 19). Viennent ensuite d'autres parois, transversales ou inclinées, qui conduisent à la différenciation (*fig.* 22 à 27), dans la région voisine de l'axe, de deux tétrades cellulaires : la tétrade supérieure représente les initiales du cylindre central, la tétrade inférieure les initiales de l'écorce. La cellule *n* (*fig.* 7 à 17) produit la portion médiane de la coiffe; elle se cloisonne tout d'abord verticalement (*fig.* 15, 21 à 25) ou obliquement (*fig.* 26). En 26, 27, on voit comment arrivent à se différencier à ses dépens les premiers éléments de l'assise calyptrogène. L'élément *n'* (*fig.* 8) se cloisonne transversalement ou demeure indivis; il entre, avec les éléments issus de *cb*, dans la construction d'un suspenseur filamenteux, en grande partie logé dans un haustorium micropylaire, mais bientôt tout entier résorbé par l'albumen.

Si l'on dresse le tableau récapitulatif des lois du développement de l'embryon du *Pyrola rotundifolia*, on constate que ces lois sont identiques à celles qui ont été déjà établies au sujet du *Samolus Valerandi* (1) et du *Portulaca oleracea* (2). C'est dans le même cadre de la 2e période de la classification embryogénique qu'il convient de placer les trois espèces.

ZOOLOGIE. — *Le nombre de chromosomes des* Ligiidæ (*Crustacés*; *Isopodes terrestres*). Note de Mlle **Catherine Mir**, présentée par M. Maurice Caullery.

J'ai établi le nombre de chromosomes chez les trois représentants français de la famille des *Ligiidæ*. Ces recherches avaient pour but de préciser les rapports existant entre les *Ligiidæ* et les autres *Oniscoidea*. Les trois espèces étudiées sont deux formes halophiles, *Ligia italica* (mâle et femelle étudiés), *Ligia oceanica* (mâle seul étudié) et une forme muscicole, *Ligidium hypnorum* (mâle seul étudié).

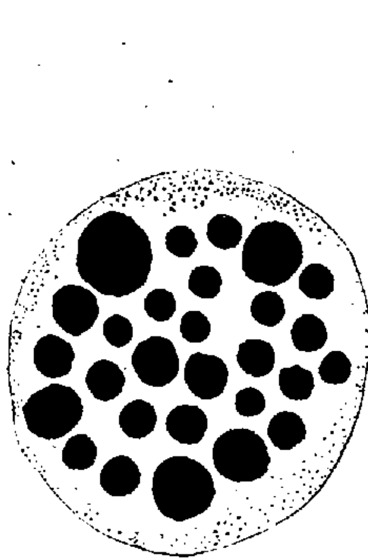
Les métaphases spermatogoniales, en raison du grand nombre d'éléments qu'elles présentent (de l'ordre d'une soixantaine), se prêtent mal à une numération précise. C'est l'examen des cinèses des spermatocytes de premier ordre qui m'a fourni les images les plus nettes et les plus instructives.

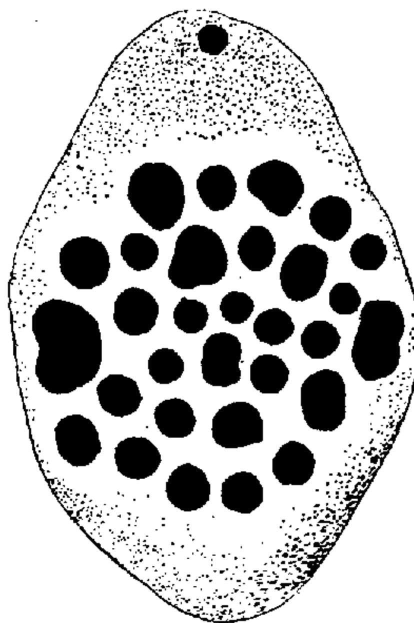
Ligia italica. — La garniture chromosomique haploïde se compose

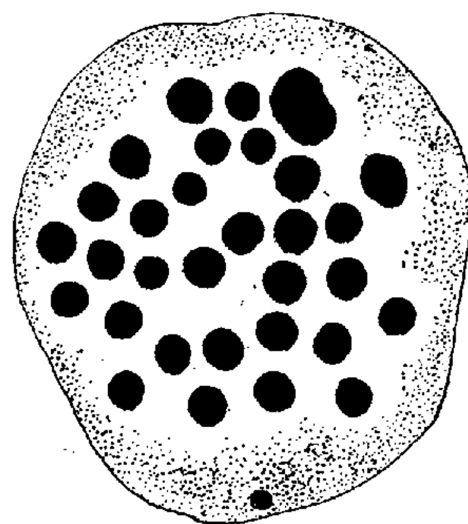
(1) R. Souèges, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 145; *Titres et Travaux* (2e Notice), 1937, p. 29.

(2) R. Souèges, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 768.

de 28 éléments arrondis (*fig.* 1). Les plus gros sont situés à la périphérie; ils mesurent 3$^\mu$ de diamètre; les petits éléments mesurent 1$^\mu$; deux ou trois sont de taille intermédiaire. Ces différences se retrouvent dans les vues de profil; les grosses tétrades dépassent nettement l'alignement formé par les


Fig. 1.


Fig. 2.


Fig. 3.

petites. La tétrade la plus volumineuse est souvent rejetée à l'extérieur du fuseau; elle correspond cependant à un autosome et non à un hétérochromosome, comme le prouve son comportement à la première et à la deuxième division de maturation.

L'examen de la division qui libère le premier globule polaire permet de retrouver ces 28 éléments, avec les mêmes rapports de taille que dans la spermatogenèse.

Ligia oceanica. — Les figures de spermatogenèse offertes par cette espèce sont très comparables à celles de l'espèce précédente; les spermatocytes y sont cependant plus volumineux, et les cinèses y sont plus belles; de plus, le nombre haploïde est ici égal à 30 (*fig.* 2). Une tétrade est plus volumineuse que les autres (3$^\mu$,5); deux ou trois sont de taille moyenne; les plus petites mesurent 1 à 2$^\mu$.

Ligidium hypnorum. — La garniture haploïde comprend 31 éléments (*fig.* 3). Les différences de taille sont ici moins sensibles que dans les deux espèces précédentes. Une seule tétrade est plus grosse que les autres.

Dans le voisinage de la plaque équatoriale, on observe, chez *Ligia oceanica* et chez *Ligidium hypnorum*, un organite énigmatique ressemblant à un chromosome (*chromatoid body* de Wilson).

Conclusion. — Les nombres différents observés dans trois espèces de

Ligiidæ étudiées, sont probablement dus à un phénomène de fragmentation, les gros chromosomes s'étant divisés en éléments plus petits. Il faut en effet remarquer que *Ligidium*, qui possède le nombre le plus élevé, présente en même temps une garniture chromosomique dont la taille des éléments varie peu. Le nombre chromosomique de base des *Ligiidæ* semble être égal à 28.

Comparons ce nombre à ceux déjà connus chez les Isopodes :

Asellota. — *Asellus aquaticus*, $n=8$ (Vandel, 1938); *Proasellus meridianus*, $n=8$ (Vandel, 1938); *Stenasellus Virei*, $n=24$ à 26 (Vandel, 1938).

Oniscoidea. — *Trichoniscus provisorius*, $n=8$ (Vandel, 1926, 1928, 1934); *Trichoniscus biformatus*, $n=8$ (Vandel, 1929); *Oniscus asellus*, $n=16$ (Nichols, 1902, 1909); *Armadillidium vulgare*, $n=27$ (Radu, 1930, 1931).

Valvifera. — *Idotea irrorata*, $n=28$ (Nichols, 1909).

Le nombre de chromosomes que présentent les *Ligiidæ* les éloigne des autres *Oniscoidea*, dont le nombre de base semble égal à 8. Il est, par contre, remarquable de constater que le seul Isopode marin dont on connaisse le nombre de chromosomes (*Idotea irrorata*) présente un chiffre égal au nombre de base des *Ligiidæ*. L'étude cytologique confirme donc les résultats des recherches morphologiques, qui font des *Ligiidæ* un groupe à part (*Protophora archaica* Verhoeff, 1936), distinct des autres Oniscoïdes, et encore très voisin des formes marines.

ZOOLOGIE. — *Observation de l'accouplement chez une espèce de Crevette* Crangon crangon. Note de Mme **Louise Nouvel**, présentée par M. Charles Pérez.

De toutes les espèces de Crevettes que j'ai maintenues en élevage depuis plusieurs années, *Crangon crangon* restait à certains égards l'espèce la plus énigmatique. Ces animaux vivent, en effet, habituellement enfouis dans le sable; maintenus captifs dans des aquariums, la clarté du jour les gêne. Ils restent inactifs et inlassablement plaqués contre les parois de l'aquarium. Ce comportement explique les raisons pour lesquelles l'accouplement des Crevettes grises n'avait jamais éte observé jusqu'ici. Je me suis efforcée cependant de le déceler, car il me paraissait intéressant de décider si le mode de copulation de ces animaux se trouve en relation avec une particularité anatomique propre à cette espèce. En effet les *Crangon* se distinguent des autres Crevettes par l'absence d'*appendix interna* aux

rames internes des pléopodes. Havinga (1929) (¹), dans un travail consacré à la biologie des *Crangon*, affirme qu'on ne sait rien sur le mode de reproduction de cette espèce et il ajoute même que vu l'absence d'un des membres copulateurs, on ne peut se faire aucune idée de l'accouplement.

La difficulté de l'étude expérimentale de l'accouplement réside également dans le fait que cette espèce comporte un nombre restreint de mâles (25 % environ). Enfin, il faut avoir acquis une parfaite connaissance de ces animaux pour pouvoir différencier les mâles des femelles de même taille, non ovigères. Le sexe des *Crangon* doit être déterminé à l'aide du binoculaire, car l'*appendix masculina*, situé sur la rame interne du second pléopode ne se développe que très tardivement, au moment de la maturité de l'individu; cet appendice copulateur n'atteint jamais une grande taille (chez les plus grands individus mâles mesurant de 35 à 36^{mm}, l'appendice copulateur mesure 1^{mm} à $1^{mm},5$). Un autre caractère sexuel peut servir de critère : c'est la taille de la rame interne du premier pléopode qui, chez la femelle, atteint la moitié de la longueur de la rame externe; chez le mâle, cette rame reste très courte et glabre. Chez les femelles, le côté interne des sympodites est presque toujours orné de soies, car, chez cette espèce, ce caractère sexuel secondaire devient très vite permanent.

Nous avons pu observer le rapprochement sexuel des *Crangon* grâce à un artifice que nous avions déjà employé pour d'autres espèces de Crevettes : des femelles, dont l'incubation paraît arriver à terme, sont isolées. De nombreuses éclosions se produisent dans la soirée et les femelles muent dans le courant de la nuit. Ayant pris la précaution d'isoler également des mâles, nous les mettions le lendemain matin en présence des femelles encore molles. Les mâles, en particulier les plus petits, font preuve d'un grand énervement, agitant les fouets de leurs antennes dont les soies sensorielles vibrent (sens de l'odorat); ils se rapprochent d'une femelle, l'abordent soit par derrière en grimpant sur son dos, soit latéralement, finissant par se glisser sous le ventre et, après plusieurs essais, ils se disposent perpendiculairement à la femelle, au niveau de l'anneau intermédiaire entre le céphalothorax et le premier segment abdominal. Aucun appendice thoracique ne joue un rôle d'accrochage, pas même la paire de pinces subchéliformes qui reste dans sa position

---

(¹) *Handbuch der Seefischerei Nordeuropas* von H. Lübbert und E. Ehrenbaum, *Krebse und Weichtiere*, Band III, Heft 2.

habituelle; aucun pléopode non plus ne se trouve être en contact avec la femelle. Seul un effort musculaire très visible raidit le mâle qui applique ainsi ses ouvertures génitales (situées au niveau de la cinquième paire de péréiopodes contre la face ventrale de la femelle entre le céphalothorax et le premier segment abdominal.

Les femelles dont la chitine est encore molle restent apathiques, elles ne font aucun effort pour être fécondées et une fois qu'elles le sont, elles se défendent en général de l'être une seconde fois. Notons aussi que les mâles ne se rapprochent des femelles que pendant la très courte période où elles sont réellement en état d'être fécondées (une douzaine d'heures après la mue).

Nous avons pu observer ainsi l'accouplement de très grosses femelles de 46, 49, 50, 55 et 58^{mm} avec des mâles de 30 à 36^{mm}.

Les plus petites femelles mesurant 30^{mm} environ, pondent toujours immédiatement après l'accouplement. Les plus grandes pondent dans un délai de 24 heures; une femelle de 58^{mm} n'a pondu que 48 heures après la fécondation.

Si des femelles qui viennent de muer et dont l'ovaire est mûr sont maintenues à l'écart des mâles, celles-ci pondent néanmoins, mais leurs œufs ne se développent pas et finissent par tomber.

Nous pouvons donc conclure que, chez l'espèce *Crangon crangon :*

1° L'accouplement se fait en position cruciale, tout comme nous l'avions observé chez *Athanas nitescens*, *Leander squilla*, *Alpheus dentipes* (L. et H. Nouvel, 1935 et 1937) [2].

2° Aucun appendice ne joue un rôle dans l'accouplement, pas même les appendices dits de copulation (organe copulateur du mâle ou *appendix masculina* et, à plus forte raison ici, l'*appendix interna*). Les pinces chez cette espèce n'interviennent même pas pour maintenir la femelle.

3° La ponte a lieu, même en l'absence de tout rapprochement sexuel.

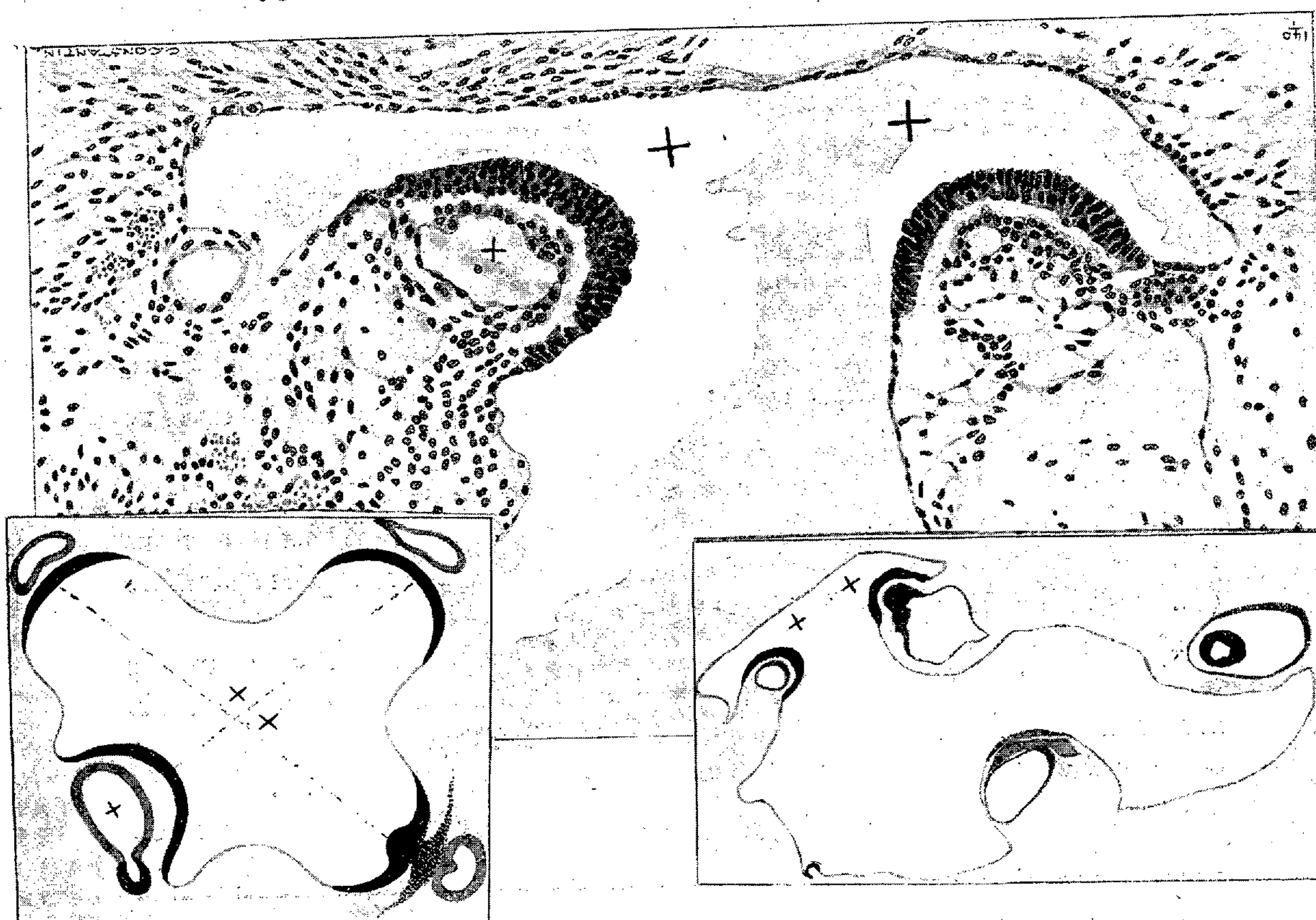
---

[2] *Bull. Institut Océanographique*, n° 685, 1935; *Bull. Soc. Zool. de France*, 62, III, 1937, p. 208.

ANATOMIE PATHOLOGIQUE. — *Sur les variétés frustes ou irrégulières de la polyembryonie dans les embryomes parthénogénétiques.* Note de M. **Albert Peyron**, présentée par M. Maurice Caullery.

Dans plusieurs Notes, j'ai exposé les divers modes d'évolution et de multiplication des boutons et vésicules embryonnaires dans les tumeurs à tissus multiples du testicule.

A. Le type I, très rare, montre, comme chez le Tatou (*D. novemcinctus*),



une vésicule primitive, avec les quatre écussons ou vésicules secondaires issus de ses deux divisions symétriques et successives suivant des axes perpendiculaires, la seule différence est que dans nos embryomes, le bourgeonnement au niveau des angles alterne avec le bourgeonnement sur les faces ([1]).

([1]) Peyron, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 646.

B. Type II, division symétrique et incomplète; on trouve un bouton à chacune des deux extrémités d'une cavité amnio-ectoblastique commune de forme allongée ([2]).

C. Dans le type III, très rare, la division symétrique et complète du bouton donne l'image en miroir ou caractéristique de la gémellité monozygotique ([3]).

D. Le type IV, le plus fréquent, montre un bourgeonnement irrégulier de la vésicule ectoblastique pouvant intéresser également la vésicule entoblastique, lorsque celle-ci s'est développée ([3]).

La variété nouvelle qui fait l'objet de cette Note se rattache à la fois aux types III et IV. Elle s'observe au niveau de microkystes souvent volumineux et irréguliers, qui, jusqu'à nos recherches, avaient été considérés par tous les auteurs comme de simples kystes végétants ou papillifères issus d'ébauches somatiques diverses de type fœtal. Ces microkystes représentent en réalité des formations précoces, précédant le stade des feuillets proprement dit; leur revêtement, indifférencié, garde un potentiel polyvalent mixte, ectoblastique et entoblastique (et même mésoblastique dans certaines zones fertiles correspondant à un enroulement gastrulaire). La vue d'ensemble d'un de ces kystes est donnée dans l'angle droit de la figure et son segment supérieur est représenté en haut à un plus fort grossissement; les zones épaissies de l'amnio-ectoblaste sont représentées en noir; à chacune d'elles correspond, dans le mésoblaste périphérique, une cavité entoblastique. Cette vésicule, malgré sa forme irrégulière, se rattache à la vésicule quadrilobée schématisée dans l'angle gauche du dessin et qui correspond à la fois au type I de nos embryomes et à l'œuf du Tatou. Dans cette dernière figure, on a donné à un des écussons une surface convexe et non concave, pour souligner qu'il s'agit d'une modification d'ordre secondaire vraisemblablement liée à des facteurs d'ordre mécanique. Ainsi, dans ce type V comme chez le Tatou, les zones matricielles des futurs boutons ou embryons jumeaux montrent une topographie symétrique, établissant l'existence d'une induction propagée; cette dernière est vraisemblablement liée à l'action synergique de facteurs multiples : mésoblaste périphérique, contenu liquide de la vésicule, action sécrétrice de l'ectoblaste avec variations, peut-être successives, de sa polarité du côté du stroma ou de la cavité. Les simples facteurs mécaniques (tension du liquide) ne sauraient

---

([2]) Peyron et Limousin, *C. R. Soc. Biol.*, **128**, 1938, p. 822.
([3]) Peyron et Limousin, *C. R. Soc. Biol.*, **123**, 1938, p. 409.

suffire à expliquer la symétrie des boutons secondaires, puisque ceux de notre vésicule irrégulière sont localisés à un seul segment. Ces variations d'ordre quasi expérimental offrent un intérêt particulier pour le mécanisme toujours discuté de la polyembryonie du Tatou, attribuée par les uns à une fission de la vésicule embryonnaire et par d'autres à son simple bourgeonnement. Ce dernier mécanisme paraît prédominer dans les embryomes (sauf dans le type III); d'une façon générale, on y observe la persistance et la grande étendue des segments intermédiaires des vésicules (correspondant aux quatre canaux amniotiques du Tatou). Mais, ultérieurement ces segments au repos reviennent à l'état fertile, selon un cycle d'alternance précisément caractéristique du processus néoplasique.

La séance est levée à $15^h 20^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 25 septembre 1939.)

Note de M. *Raymond-Hamet*, Sur un faux Iboga doué de propriétés pharmacologiques très différentes de celles du véritable Iboga :

Page 524, ligne 3 de la légende, *au lieu de* repaire, *lire* repère.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 OCTOBRE 1939.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE BÉHAL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès, survenu le 17 octobre 1939, de Sir **William Pope**, Correspondant pour la Section de Chimie.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Th. De Donder. *L'Énergétique déduite de la Mécanique statistique générale.*

STATISTIQUE. — *La probabilité des hypothèses.*
Note (¹) de M. **E. J. Gumbel**, présentée par M. Émile Borel.

Dans de nombreux Mémoires (²) MM. E. S. Pearson et I. Neyman ont établi des méthodes pour vérifier des hypothèses statistiques. Une partie de ces travaux est basée sur l'identité

$$p(y) = 1; \qquad 0 \leqq y \leqq 1, \tag{1}$$

(¹) Séance du 23 octobre 1939.

(²) Voir, pour la bibliographie, E. S. Pearson, *The probability integral transformation for testing goodness of fit and combining independent tests of significance* (*Biometrika*, 30, Cambridge, 1938, p. 134); J. Neyman, *Smooth test for goodness of fit* (*Scandinavisk Aktuarietidschrift*, 1937, p. 149).

où p désigne une densité de probabilité et y la probabilité d'une valeur inférieure à x. On l'obtient en introduisant la probabilité $W(x) = y$ comme fonction de transformation d'une variable statistique x et en posant l'hypothèse h_0 que x soit soumis à la distribution $w(x) = W'(x, c_1, c_2, \ldots)$ où les $c_1, c_2, \ldots$ désignent les constantes. En théorie cette identité vaut pour n'importe quelle distribution $w(x)$ continue. En pratique, il existera toujours des déviations observées. Notre but est d'en tirer une méthode simple pour juger la valeur d'une hypothèse h_0 par comparaison à une autre hypothèse donnée h_1.

Rangeons les n observations $x_m (m = 1, 2 \ldots n)$ d'une variable aléatoire continue par ordre de grandeur. Les valeurs théoriques $W(x_m)$ ou $0 < W(x_m) < 1$, que l'on obtient suivant l'hypothèse h_0, sont considérées comme de nouvelles *observations* soumises à l'équipartition (1). Il existe alors deux méthodes pour juger l'accord entre l'équipartition et la situation des points $W(x_m)$.

La première méthode établit la distribution des points. On divise l'intervalle $0, 1$ en n cellules de longueurs pratiquement égales. Alors le quotient entre la probabilité pour que a_ν points soient continus dans la cellule ν $(\nu = 1, 2, \ldots, n)$ et la probabilité maxima pour que chaque cellule contienne un point et un seul est

$$\lambda = \frac{1}{a_1!\, a_2! \ldots a_n!}. \tag{2}$$

On jugera l'hypothèse h_0 comme plus avantageuse par rapport à l'hypothèse h_1 si $\lambda_0 > \lambda_1$. Ensuite, on peut appliquer aux nombres a_ν les méthodes usuelles en physique. Cependant, différentes hypothèses ayant les mêmes nombres a_ν pour des cellules différentes conduisent aux mêmes résultats.

L'autre méthode repose sur la détermination de la situation moyenne du $m^{\text{ième}}$ point. La densité de probabilité ${}_m\mathfrak{w}(y, n)$ pour que le $m^{\text{ième}}$ point parmi n ait la position y est suivant (1)

$$ {}_m\mathfrak{w}(y, n) = \binom{n}{m} m (1 - y)^{n-m} y^{m-1}. \tag{3}$$

La position la plus probable $\tilde{y}_m$ et la position moyenne $\bar{y}_m$ sont fonctions linéaires de m

$$\tilde{y}_m = (m - 1) : (n - 1); \qquad \bar{y}_m = m : n + 1. \tag{4}$$

Pour la comparaison aux *observations* $W(x_m)$ la seconde valeur est préférable. Car les probabilités $W(x_1)$ et $W(x_n)$ de la plus petite et de la plus

grande *observation* différeront de 0 et 1. L'écart type σ_m du $m^{\text{ième}}$ point est

$$\sigma_m = \sqrt{\frac{\overline{y}_m(1-\overline{y}_m)}{n+2}}, \tag{5}$$

ce qui permet d'établir les fonctions ([3]) de contrôle $\overline{y}_m \pm \sigma_m$ de la courbe en échelle *observée* qui contient l'abscisse $W(x_m)$ et l'ordonnée m. L'aire déterminée par la droite théorique $\overline{y}_m$, m est $(n-1):2$.

Appelons y_k (ou y_λ) les valeurs observées $\mathfrak{W}_k$ et $1-\mathfrak{W}_\lambda$ $W(x_m)$ inférieures (ou supérieures) à la moyenne $\overline{y}_m$. Les probabilités des déviations égales ou supérieures à celles qu'on a observées sont les suivantes :

$$\mathfrak{w}_k = \binom{n}{m} m \int_0^{y_k} (1-y)^{n-m} y^{m-1}\, dy, \qquad 1-\mathfrak{w}_\lambda = \binom{n}{m} m \int_{y_\lambda}^{1} (1-y)^{n-m} y^{m-1}\, dy.$$

La probabilité pour que toutes les déviations observées, ou de plus grandes, soient dues à l'hypothèse h_0 choisie est leur produit

$$P' = \prod_{k,\lambda} \mathfrak{w}_k (1-\mathfrak{w}_\lambda). \tag{6}$$

Pour des observations données x_m d'une variable aléatoire, on calcule les valeurs $W(x_m)$ correspondant à une hypothèse h_0. On les égalise aux y_k ou y_λ, puis on détermine la probabilité P' à l'aide des tables de la fonction dzéta incomplète. Cette méthode peut servir soit à juger la détermination des constantes, soit à décider entre deux hypothèses concurrentes, pourvu que les constantes aient été déterminées avec la même précision.

SPECTROSCOPIE. — *Fonction d'excitation des bandes du premier système positif de la molécule d'azote.* Note ([1]) de M. **René Bernard** et M[lle] **Renée Fouillouze**, présentée par M. Charles Fabry.

Dans une publication antérieure ([2]), l'un de nous s'est attaché à définir et à préciser les conditions d'excitation des divers systèmes de bandes de la molécule d'azote. Ce premier travail a permis de fixer sans ambiguïté l'évolution des bandes N_2^+ et N_2 (2P) excitées par des chocs électroniques

---

([3]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 354.

([1]) Séance du 9 octobre 1939.

([2]) R. Bernard, *Thèse*, Paris, 1939.

d'énergie progressivement croissante. Depuis, en utilisant le même dispositif expérimental et la même méthode de photométrie photographique, nous avons pu étendre nos observations aux bandes du premier système positif N_2 (1P).

Bien que le problème à résoudre soit le même dans les deux cas, les difficultés expérimentales se trouvent considérablement accrues pour les bandes N_2 (1P), du fait que les têtes les plus intenses sont toutes situées dans la région jaune rouge du spectre, c'est-à-dire dans un domaine spectral où l'énergie lumineuse émise par la cathode incandescente n'est plus négligeable. Comme il est pratiquement impossible d'éliminer totalement la lumière diffusée par les électrodes, les spectrogrammes comportent toujours un fond continu relativement intense dont il faut tenir compte dans les déterminations photométriques.

Dans le but de réduire au minimum ce spectre continu, nous avons utilisé des cathodes travaillant à température aussi basse que possible (oxydes alcalino-terreux et tungstène-thorié). En raison de l'instabilité des premières, nous les avons abandonnées pour adopter finalement le tungstène-thorié qui fonctionne dans l'azote d'une manière très satisfaisante entre 1200° et 1500° C.

Pour déterminer la fonction d'excitation des bandes N_2(1P), nous avons réalisé plusieurs séries de spectrogrammes de la luminosité obtenue en bombardant de l'azote pur par un flux électronique constant accéléré par des différences de potentiel s'élevant progressivement par 1/2 volt de 9 à 30 volts.

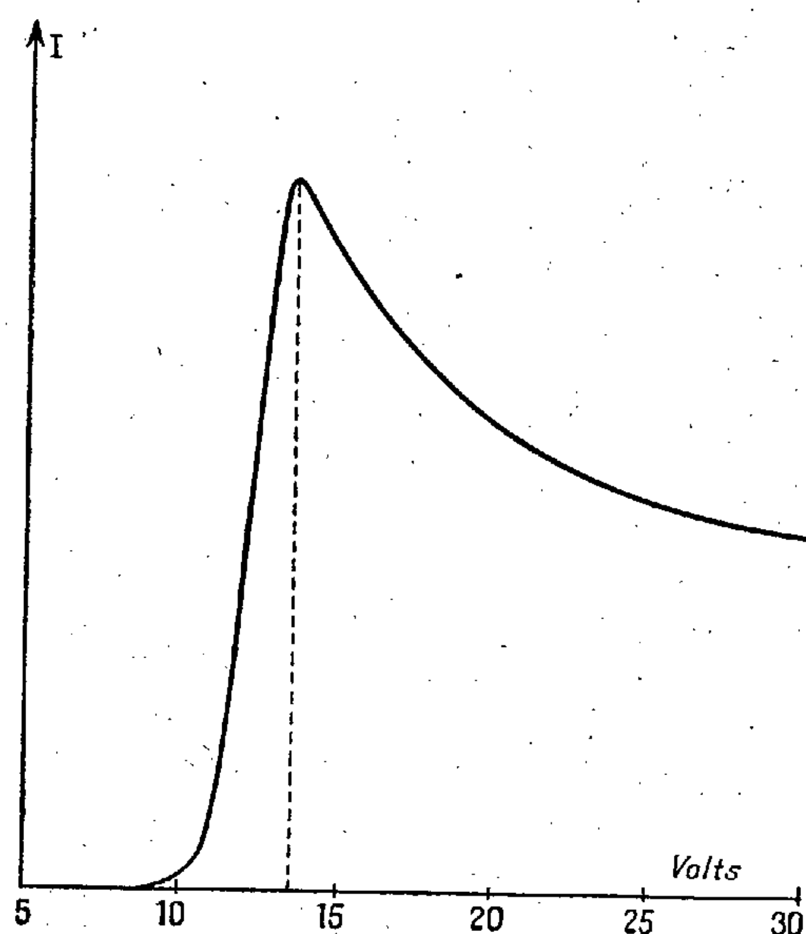
Les mesures photométriques ont porté sur les 3 têtes de bande $\lambda = 6546$, 6323 et 6071 Å. Les fonctions d'excitation construites pour ces 3 cas, en portant en ordonnées les intensités lumineuses et en abscisses les différences de potentiel accélératrices, possèdent le même aspect.

La fonction croît d'abord très lentement de 7,5 volts à 10,5 volts ([3]), puis très rapidement jusqu'à un maximum assez aigu situé vers 13,5 volts. Elle décroît ensuite régulièrement mais plus lentement lorsque le potentiel continue à s'élever (figure ci-contre).

Les courbes, tracées pour quatre pressions d'azote comprises entre 7/10 et 1/100 de millimètre de mercure, montrent que la fonction d'excitation des bandes N_2(1P) est indépendante de la pression du gaz. Ce fait, déjà

([3]) *Loc. cit.*, p. 45, fig. 15.

reconnu pour les bandes $N_2(2P)(C^3\Pi \rightarrow B^3\Pi)$ s'explique par la présence au-dessus du niveau $B^3\Pi$ des niveaux très facilement excitables C et D qui absorbent l'énergie des électrons rapides, avant qu'un mécanisme d'exci-



tation par chocs multiples, analogue à celui des bandes N_2^+ (4), puisse s'établir.

La fonction d'excitation des bandes $N_2(2P)(C^3\Pi \rightarrow B^3\Pi)$ présente un maximum très aigu caractéristique des bandes ou raies de triplets (5), tandis que la fonction d'excitation des bandes $N_2(1P)(B^3\Pi \rightarrow A^3\Sigma)$ se distingue par un maximum relativement aigu suivi d'une décroissance lente. Cette différence s'explique aisément. Dès 13 volts, le nombre des molécules N_2 portées directement au niveau C est considérable (6). Les molécules retombent alors au niveau B en émettant une bande $N_2(2P)$, puis au niveau A en émettant une bande $N_2(1P)$. Il s'ensuit qu'au delà du maximum les ordonnées de la fonction d'excitation des bandes $N_2(1P)$ sont plus fortes qu'elles ne devraient l'être si le niveau B existait seul.

Quelques clichés ont été obtenus en remplaçant l'azote par des mélanges, azote-hélium et azote-néon. Conformément aux observations qualitatives

(4) *Loc. cit.*, p. 21.
(5) *Loc. cit.*, p. 19, fig. 6; voir aussi O. THIEME, *Zeit. f. Phys.*, 78, 1932, p. 412.
(6) *Loc. cit.*, p. 45, fig. 15.

antérieures ([7]), nous avons pu constater que ces deux gaz ne modifient en rien la fonction d'excitation des bandes du premier système positif de l'azote.

RAYONS X. — *Spectre* L *du tungstène* (74). *Raies fortes*. Note de Mme **Marcel Rouault (Simone Boudin)**, présentée par M. Jean Perrin.

A ma connaissance, aucune mesure des raies fortes du tungstène n'a été faite depuis celles de Friman ([1]) en 1926 et de Idei ([2]) en 1930. Ayant obtenu des résultats sensiblement différents des précédents, je crois utile de les publier.

Le rayonnement sortant du tube à rayons X a été analysé au moyen d'un spectrographe de Y. Cauchois utilisant par transmission un mica courbé sous 40^{cm} de rayon. La dispersion est ainsi d'environ 6 u. x. par millimètre (en second ordre).

Le spectre L du tungstène a été mesuré en premier ordre par rapport à des raies $K\alpha$ en premier ou en second ordre. Chaque mesure utilise des raies de référence de part et d'autre et aussi proches que possible de la raie à mesurer. Les valeurs admises pour ces raies de référence sont celles données par Bearden et Shaw ([3]) pour Ge, Ga, Fe, Ni, Zn; par Elg ([4]) pour Ag, Rh, Pd, et par Siegbahn ([5]) pour les autres éléments employés.

En examinant le travail de Friman, on voit que seules les raies α_1, α_2, β_1, β_2, γ_1 ont été l'objet de mesures absolues (ces valeurs sont placées entre parenthèses dans le tableau); les autres nombres donnés par Friman, ainsi que par Idei, proviennent de mesures relatives faites par rapport aux raies ci-dessus. Ces mesures n'utilisent qu'une raie de référence; la différence de longueur d'onde déduite de la distance de la raie de référence à la raie inconnue d'après les constantes de l'appareil.

On trouvera dans le tableau ci-contre les valeurs données par Friman, Idei et moi-même, ainsi que les écarts $\Delta\lambda$ entre mes mesures et les mesures

---

([7]) *Loc. cit.*, p. 47 et 62.

([1]) *Zeits. f. Physik*, **39**, 1926, p. 813.
([2]) *Sci. Rep. Tôhoku Imp. Univ.*, **19**, 1930, p. 559.
([3]) *Phys. Rev.*, **48**, 1935, p. 18.
([4]) *Zeits. f. Physik*, **106**, 1937, p. 315.
([5]) *Spektroskopie der Röntgenstrahlen*, 2e Auflage, 1931.

précédentes. On voit que les nombres donnés par Friman en valeur absolue concordent avec les miens à 0,01 u. x. près pour α_1, β_1 et γ_1 et à 0,04 u. x. près pour α_2 et β_2. Les résultats des mesures relatives de Friman et Idei s'écartent des miens de 0,07 à 0,38 u. x. (excepté pour $WL\gamma_2$ qui concorde à 0,01 près).

Dans le tableau, les longueurs d'onde des raies d'émission du tungstène qui diffèrent sensiblement des valeurs admises jusqu'ici sont inscrites en caractères gras.

Les raies γ_4 et γ'_4 ont été dédoublées, ce qui, je crois, n'avait pas été fait jusqu'ici.

		λ (u. x.) d'après				D'après S. Rouault.		
Transitions.	Raies.	Friman.	Idei.	S. Rouault.	Δλ.	ν/R.	$\sqrt{\nu/R}$.	Références.
L_I M_{II}......	β_4	1298,79	–	**1299,14**	+0,35	701,44	26,483	Ge–Ga
M_{III}......	β_3	1259,92	–	**1260,30**	+0,38	723,06	26,889	
N_{II}......	γ_2	1065,88	–	1065,89	+0,01	854,94	29,239	Br–Ag
N_{III}......	γ_3	1059,87	–	**1059,80**	−0,07	859,85	29,323	
O_{II}......	γ'_4	1025,8	–	**1025,69**	–	888,44	29,806	Fe–Mn
O_{III}......	γ_4			**1026,57**	–	887,68	29,794	
L_{II} M_I......	η	1418,1	–	**1418,26**	+0,16	642,53	25,348	Mo–Zn
N_I......	γ_5	–	1129,8	**1130,09**	+0,29	806,37	28,397	Ag–Rh
O_I......	γ_8	–	1079,1	**1078,93**	−0,17	844,60	29,062	$W\gamma_1$–$W\gamma_2$
M_{IV}......	β_1	(1279,17)	–	1279,18	+0,01	712,39	26,690	Rh–Ga
N_{IV}......	γ_1	(1096,30)	–	1096,31	+0,01	831,21	28,831	Br–Ag
O_{IV}......	γ_6	–	1072,1	**1072,26**	+0,16	849,86	29,152	
L_{III} M_I......	l	1675,0	–	**1674,75**	−0,25	544,12	23,326	Ni–Sr
N_I......	β_6	1287,0	–	**1287,32**	+0,32	707,88	26,606	Ge–Ga
O_I......	β_7	–	1221,7	**1221,51**	−0,19	746,02	27,313	Pd–Ge–Rh
M_{IV}......	α_2	(1484,38)	–	**1484,42**	+0,04	613,89	24,777	Mo–Zr
M_V......	α_1	(1473,36)	–	1473,37	+0,01	618,49	24,869	
N_{IV}......	β_{15}	–	1243,9	**1443,80**	−0,10	732,65	27,067	Rh–Ge
N_V......	β_2	(1242,03)	–	1242,07	+0,04	733,67	27,086	Rh–Ga
$O_{IV,V}$....	β_5	–	1212,9	**1213,01**	+0,11	751,25	27,409	Pd–Ge–Rh
L_I M_{IV}......	β_{10}	–	1209,6	**1209,77**	+0,17	753,26	27,445	Pd–Ge–Rh
M_V......	β_9	–	1202,3	**1202,37**	+0,07	757,89	27,530	
L_{II} N_{VI}......	–	–	–	**1074,85**	–	847,81	29,117	$W\gamma_2$–$W\gamma_1$
$L_{III}N_{VI,VII}$....	β'_7	–	1216,1	**1216,23**	+0,13	749,26	27,372	Pd–Ge–Rh
	β_2^I	–	1235,8	**1236,24**	+0,44	737,13	27,150	Rh–Ge

MINÉRALOGIE. — *Sur les gisements des minerais oxydés de nickel en Oural.* Note de M. **Basile Bogitch.**

Actuellement trois régions de l'Oural, riches en minerais de nickel, sont assez bien prospectées. L'une se trouve à 80^{km} au nord-est de Sverdlovsk, près du village de Rièje; la deuxième, à 100^{km} au sud de Sverdlovsk, dans le district d'Oufaley; enfin la troisième, qui est la plus importante, est située dans le sud de l'Oural, aux environs de la ville d'Orsk.

A. Les gisements de la région d'Orsk comprennent les mines d'Akermanovka, de Khalilovo et du plateau d'Actuba. L'ensemble de ces gisements, répartis sur quelques centaines de kilomètres carrés, constitue une réserve de nickel de près de 300 000 t.

Dans les gisements de Khalilovo et d'Actuba, le minerai est disposé en couches horizontales de 4 à 20^m d'épaisseur, sous une couche de stérile (riche en oxyde de fer) de 1 à 5^m d'épaisseur, c'est-à-dire tout près de la surface du sol. Tous ces minerais contiennent du nickel à l'état de silicate, principalement de la garniérite. La teneur moyenne du minerai exploité est inférieure à 2 % de Ni, soit 2-3 fois moindre que celle du minerai oxydé de nickel traité en Nouvelle-Calédonie.

Les couches inférieures du minerai s'arrêtent sur les roches serpentineuses compactes plus ou moins altérées, d'une épaisseur de 1 à 3^m et qui contiennent jusqu'à 1 % de Ni; viennent ensuite les serpentines encore non altérées.

Ainsi la genèse des minerais d'Orsk semble être identique à celle des minerais de Nouvelle-Calédonie. Ce sont des produits de concentration résultant de la décomposition par les agents atmosphériques des serpentines qui contenaient primitivement quelques centièmes ou dixièmes % de Ni.

B. Les gisements de l'Oural moyen (groupes des mines d'Oufaley et de Rièje) diffèrent notablement des précédents, par leur genèse, la composition chimique du minerai et la disposition des couches. Ils proviennent aussi de l'altération des serpentines, mais ici ce processus a été grandement influencé par la présence à leur contact des massifs de marbres. Ceux-ci, très poreux et saturés d'eau, sont des sources de

circulation intense des eaux souterraines ([1]), d'où décomposition et lessivage accélérés des roches serpentineuses voisines. Grâce à cette circonstance, les gisements de l'Oural moyen présentent les traits suivants :

a. Les couches du minerai suivent l'orientation de la surface des massifs de marbre et le minerai les enveloppe en quelque sorte de toutes parts ;

b. La teneur en nickel du minerai varie en fonction de sa distance des marbres : de 1-1,5 % de Ni à quelques dizaines de mètres, elle monte à 10-15 % au contact immédiat du marbre ;

c. Enfin, dans bien des cas, le minerai s'étend en profondeur, tout le long des massifs de marbres. Ainsi, à la mine de Tchéremchanka, située à 12^{km} d'Oufaley, on a trouvé du minerai jusqu'à 240^{m} de profondeur; ailleurs, jusqu'à $60\text{-}100^{m}$. La disposition en profondeur des minerais oxydés de nickel, en Oural moyen, est un fait original et, autant que je sache, nulle part constaté encore. En particulier, elle n'existe pas en Nouvelle-Calédonie.

La teneur moyenne en nickel de ces minerais profonds est comprise entre 2 et 3 % ; la quantité présumée du nickel contenu dans ces gisements est évaluée à 100000 t. environ.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Identification d'une plante colombienne, le* Piñique-Piñique, *à* Rauwolfia heterophylla *Roem. et Schult.* (Chalchupa *du Guatemala*). Note ([1]) de MM. **Maurice-Marie Janot** et **Ramon Mendoza**, présentée par M. Auguste Béhal.

Suivant une très ancienne tradition indigène, on utilise en Colombie, contre les morsures de serpent et le paludisme, une plante dénommée *Piñique-Piñique*. L'un de nous ayant récolté celle-ci à la lisière orientale de la Sierra Nevada de Santa-Marta, et en particulier dans la vallée du Rio Rancheria, nous avons pu l'identifier à une Apocynacée et en particulier à *Rauwolfia heterophylla* Roem. et Schult.

Or, il y a peu de temps, le botaniste Don Marino Pacheco du Guatemala a rapporté à cette même plante le *Chalchupa* de son pays, dont

([1]) Par exemple, le pompage des eaux du massif de marbre de la mine de Tchéremchanka a révélé un débit de l'ordre de 200^{m^3} à l'heure.

([1]) Séance du 2 octobre 1939.

E. C. Deger ([2]) fit, en 1937, une étude chimique encore rudimentaire. Tout récemment enfin, Raymond-Hamet ([3]) a mis en évidence quelques propriétés pharmacodynamiques remarquables du *Chalchupa*.

Grâce à l'obligeance de M. Pacheco, nous avons pu comparer en toute sécurité le *Chalchupa* au *Piñique-Piñique*. Nos recherches botaniques, chimiques et pharmacodynamiques montrent que ces deux plantes sont identiques.

a. Botanique. — La morphologie externe ne permet pas de les distinguer : feuilles verticillées par quatre, courtement pétiolées, penninervées, oblongues acuminées au sommet pour les deux plus grandes, obtuses pour les deux plus petites; inflorescences axillaires en cymes, fruits drupacés biloculaires etc.





L'étude anatomique des racines, tiges, feuilles, fleurs et fruits, qui paraîtra en détail dans un autre Recueil, conduit exactement aux mêmes résultats dans les deux cas.

([2]) *Arch. d. Pharm.*, 275, 1937, p. 496-503.

([3]) *C. R. Soc. Biol.*, 129, 1938, p. 462-465; *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 384-386.

b. Chimie. — Bien que comprenant à l'heure actuelle une cinquantaine d'espèces, toutes tropicales et presque toutes signalées comme alexitères et fébrifuges, la chimie du genre *Rauwolfia* est à peine ébauchée.

Si l'on excepte le bref travail déjà ancien de M. Greshoff (4) sur *R. canescens* W., il faut surtout mentionner les recherches de J. B. Kœpfli (5), qui ont abouti à l'isolement, à partir de l'écorce d'une espèce sud-africaine *R. caffra* Sonder (*Tabernæmontana ventricosa* Hochst) de trois alcaloïdes, dont l'un, la *rauwolfine*, $C^{20}H^{26}O^3N^2,2,5H^2O$, a fait l'objet d'une étude assez approfondie.

L. van Itallie et A. J. Steenhauer (6) ont retiré, en 1933, de *R. serpentina* Benth., trois alcaloïdes dont l'un fut également dénommé *rauwolfine* et considéré par ces auteurs comme très voisin, sinon identique, à l'*ajmaline* de S. Siddiqui et R. H. Siddiqui (7), identité non admise d'ailleurs par les chimistes indous (8). E. C. Deger (1), étudiant *R. heterophylla*, a décrit deux alcaloïdes, les *chalchupines* A et B, sur la pureté desquelles on doit faire de sérieuses réserves. Nous avons extrait des alcaloïdes des racines et des feuilles, mais, les circonstances actuelles ayant interrompu nos recherches, nous sommes dans l'impossibilité momentanée d'en donner les formules avec certitude. Il est cependant acquis que ces alcaloïdes sont différents des rauwolfines décrites jusqu'alors.

c. Pharmacodynamie. — L'action sympathicolytique majeure, observée par Raymond-Hamet, c'est-à-dire l'inversion de l'action hypertensive des doses moyennes d'adrénaline $0^{mg},05$-$0^{mg},01$, par injection intraveineuse chez le chien, de macérations et digestions aqueuses rendues isotoniques, a été retrouvée à des doses un peu différentes de celles indiquées. L'action émétisante a été également constatée, ce qui est commun avec *R. vomitoria* Afzelius (9).

Conclusions. — Le *Piñique-Piñique*, plante de la Colombie, est *Rauwolfia heterophylla* Rœm. et Schult.; il est donc identique au *Chalchupa* du Guatemala. Il est remarquable de constater que les indigènes de ces

---

(4) *Ber. D. C. G.*, 23, 1890, p. 3543.
(5) *J. Am. Chem. Soc.*, 54, 1932, p. 2412-2418.
(6) *Arch. d. Pharm.*, 270, 1932, p. 313-322.
(7) *Journ. Indian Chem. Soc.*, 8, 1931, p. 667-680.
(8) *Journ. Indian Chem. Soc.*, 9, 1932, p. 539-544.
(9) *Bull. Acad. Méd.*, 3e série, 122, 1939, p. 30-38.

deux pays utilisent empiriquement ce végétal dans les mêmes buts, action antivenimeuse et antimalarique; indications majeures, il est vrai, dans les pays d'origine des Apocynacées du genre *Rauwolfia*.

La séance est levée à $15^h 10^m$.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de septembre 1939.

Obituary Notices of Fellows deceased. Lord Kelvin, par Joseph Larmor. Extrait de *The Royal Society*, Séries A, vol. 81, 1908; 1 vol. 25^{cm}.

Cours d'astronomie de l'École navale, par Frédéric Marguet. Paris, Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales, 1939; 1 vol. $25^{cm},5$.

Les monographies de chimie pure et appliquée. Nouvelle série. La chimie des produits pharmaceutiques, par Joseph Sivadjian. Paris, Gauthier-Villars, 1939; 1 vol. 24^{cm}.

La manufacture de Sèvres au XVIIIe *siècle*, par Georges Haumont. *La manufacture de Sèvres de* 1800 *à nos jours*, par M. Bastard. Lisboa, Academia das Ciências, 1939; 1 vol. 19^{cm}.

Gil Vicente, Vida e Obra. Lisboa, Academia das Ciências, 1939; 1 vol. 25^{cm}.

IIIe Jubileu da Academia das Sciências de Lisboa. Coimbra, Imprensa da Universidade, 1931; 1 vol. $22^{cm},5$.

Les transformations récentes du sommet du volcan actif (*Piton de la Fournaise*) *de l'île de La Réunion*, avec 14 planches, par Alfred Lacroix. Extrait du *Bulletin volcanologique, Série* 2, tome V, 1939. Napoli, R. Stabiliment Tipografico Francesco Giannini et Figli, 1939-XVII; 1 fasc. $24^{cm},5$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 NOVEMBRE 1939.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE BÉHAL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Notice nécrologique sur Sir WILLIAM POPE, par M. MARCEL DELÉPINE.

Sir **WILLIAM JACKSON POPE** était Correspondant de la Section de Chimie de l'Académie des Sciences depuis 1924. Il vient de mourir le 17 octobre à Cambridge où il fut professeur de Chimie pendant de longues années.

Né à Londres en 1870, il s'orienta de très bonne heure vers la Chimie, puisque son premier travail, publié avec son maître, H. E. Armstrong, date de 1891. Ce travail porta sur le sobrérol, produit très bien cristallisé résultant de l'oxydation de l'essence de térébenthine par l'oxygène ou l'air; suivant que l'essence est dextrogyre ou lévogyre, on obtient du sobrérol dextrogyre ou lévogyre; un racémique résulte de l'union des deux antipodes. Les formes cristallines minutieusement examinées révélèrent l'énantiomorphisme et les propriétés hémiédriques des cristaux actifs, l'holoédrie du racémique etc.

Armstrong avait tenu à ce que son jeune élève devînt un cristallographe averti; à cet effet il l'avait confié à Miers. Ce premier travail contenait en germe l'avenir de Pope : l'activité optique, l'énantiomorphisme et la racémie, dont il fut ainsi le témoin dès le début, devaient l'entraîner à compléter l'œuvre de Pasteur, puis celle de Le Bel et de van't Hoff dans une multitude de directions, en y ajoutant des créations personnelles qui assurent la pérennité de son nom en Stéréochimie. L'œuvre de Pope est si vaste que nous n'en retiendrons que les faits saillants. Pope n'a publié que d'une façon exceptionnelle sous son seul nom; parmi les collaborateurs les plus fréquents, nous citerons Kipping, Peachey, Barlow, Neville,

Read, Mann, Mills, Gibson, mais il y en eut encore d'autres. Nous ne saurions les citer chacun à leur tour dans tous les travaux auxquels ils s'associèrent et nous nous en excusons.

La nature des racémiques et leur distinction d'avec les agrégats ou juxtapositions des corps actifs, l'existence ou la non-existence des racémiques liquides, l'influence de substances actives sur les dédoublements spontanés furent l'objet des réflexions de Pope.

Les travaux de Pope sont presque toujours accompagnés de mesures cristallographiques; il y en a même de cristallographie pure, destinés à montrer l'influence des substitutions (Cl à Br, par exemple) dans des séries qui sont souvent isomorphes, sans cependant l'être invariablement. Avant les travaux de Laue et de Bragg, avec Barlow, il décrivit des structures de molécules organiques, avec empilement et répartition des atomes dont le sens général reste acquis.

C'est surtout l'activité optique qui a passionné Pope. Il eut l'occasion de découvrir, dans l'acide *cis*-π-camphanique, un exemple d'activité optique à l'état dissous, à l'état fondu et à l'état cristallisé qui permettait d'attribuer ici cette activité à la structure asymétrique de la molécule.

Mais, au lieu d'attendre des composés organiques une activité optique fortuite, Pope s'ingénia avec un rare bonheur à la créer. D'après la théorie de Le Bel et de van't Hoff, tout carbone asymétrique entraîne l'existence d'antipodes, et l'on doit pouvoir dédoubler les racémiques en s'appuyant sur la méthode de dédoublement créée par Pasteur : union d'un acide ou d'une base active avec la base ou l'acide racémique.

Pope a perfectionné la méthode et réussi à dédoubler nombre de bases : tétrahydropapavérine, tétrahydroquinaldine, tétrahydroparatoluquinaldine, camphoroxime, ac-tétrahydro-β-naphtylamine, dihydroxydihydrindamine, butylamine secondaire, dihydro-α-méthylindole, 2.5-diméthylpipérazine etc. Dans ce dernier cas le succès comporte la démonstration que les méthyles sont en *cis* et non en *trans*; le raisonnement peut servir de modèle dans les cas similaires. A titre de curiosité, Pope a tenu à résoudre en antipodes un corps à un seul atome de carbone; après avoir échoué avec l'acide chlorobromométhanesulfonique, il a réussi avec l'acide chloroiodométhanesulfonique.

Dans beaucoup de dédoublements, les acides actifs camphresulfoniques chlorés, bromés, ou tels quels, se montrèrent d'une efficacité que l'on a souvent éprouvée après lui. Pope s'est aussi servi des oxyméthylènecamphres pour dédoubler des amines.

C'est surtout dans la création de nouveaux types de corps actifs que Pope acquit, encore tout jeune, dès 1900, la réputation qui l'inscrit dans nos classiques; en préparant des sels d'ammonium actifs, tels que ceux de benzylphénylallylméthylammonium, suivis bientôt de ceux de méthyléthylthétine, de phénylméthylsélénétine et enfin de méthyléthylpropylétain, il démontrait que la théorie du carbone asymétrique était valable pour l'azote, le soufre, le sélénium, l'étain. Ces résultats eurent un grand retentissement; ils prouvaient définitivement que l'existence du pouvoir rotatoire n'a rien à voir avec une cause vitale, si toutefois on pensait encore à cette époque-là à une telle subordination.

Plus tard, Pope apportait une preuve expérimentale à des conceptions théoriques exprimées par Le Bel, mais non explicitées par un exemple, en dédoublant l'acide méthyl-1 Δ^3-cyclohexylidène-4 acétique; l'intérêt de cette réalisation, c'était qu'on ne devait raisonnablement plus invoquer l'existence d'un atome de carbone asymétrique dans cette molécule, mais qu'on devait envisager celle-ci en entier pour en faire ressortir la dissymétrie. C'était une sorte d'hémi-spirane. Par la suite, d'ailleurs, Pope dédoubla précisément des spiranes, la spirohydantoïne et le diaminospirocycloheptane, dans lesquels il y a encore moins lieu de chercher un carbone asymétrique, au sens primitif de cette notion.

Sans vouloir allonger plus cette Notice, ajoutons qu'avec Gibson et Peachey Pope a abordé l'étude des composés organométalliques de l'or et du platine, puis, avec Mann, celle des complexes du cobalt, du nickel, du palladium avec des triamines et des tétramines.

Pendant la guerre de 1914-1918, il participa à des études sur le sulfure de ββ-dichloroéthyle et sur les sensibilisateurs des plaques photographiques (cyanines).

Pope parlait le français, l'allemand et l'italien avec autant d'aisance que sa langue maternelle; à ce titre il présida avec une autorité inégalable nombre de réunions internationales où sa courtoisie et son humour apportaient un véritable élément de succès. Beaucoup de nos compatriotes, dont je suis, l'ont vu à l'œuvre, apprécié et aimé.

Nous nous associons de tout cœur à nos Collègues anglais pour déplorer la perte dont la Science anglaise, et plus particulièrement la Chimie anglaise, vient d'être affligée dans la personne de Sir William Pope.

M. **Auguste Chevalier**, faisant hommage à l'Académie de l'Ouvrage suivant qu'il vient de publier, sous le titre *La Vie et l'Œuvre de* René Desfontaines, *fondateur de l'Herbier du Muséum. La carrière d'un savant sous la Révolution*. Vol. in-8°, 264 pages, VII planches, une carte dans le texte. Éditions du Muséum, Paris, 1939, s'exprime en ces termes :

René Desfontaines, qui fut président de l'Académie des Sciences en 1804-1805, fut chargé de présenter à Napoléon Ier, lors de son couronnement, le 20 Brumaire an XIII, les compliments de l'Institut tout entier, les circonstances ayant voulu que cette année-là ce fût le Président de la Classe des Sciences qui fût Président de l'Institut.

Mais ce savant a d'autres titres à notre reconnaissance. Il est un des rares savants qui au XVIIIe siècle, cinquante ans avant la conquête de l'Algérie, ait effectué la première grande exploration scientifique de notre Afrique du Nord. Il passa près de deux années dans ces régions (Algérie et Tunisie). Il fut un des premiers à dénoncer, d'ailleurs avec beaucoup de tact, les maux dont souffraient les États barbaresques à l'époque de son voyage.

Il eut de grands risques à courir au cours de son exploration, mais, grâce à son habileté et à sa prudence, il n'eut qu'à se louer des chefs indigènes.

En 1793, il prit une grande part à la fondation du Muséum. En pleine Révolution, alors que les caisses de l'État étaient presque vides, il obtint de la Convention nationale les fonds pour publier sa *Flora atlantica*, un des plus beaux monuments élevés à la botanique méditerranéenne, ouvrage toujours précieux à consulter.

On lui doit aussi la fondation de l'Herbier général du Muséum et l'acclimatement d'un grand nombre de plantes utiles ainsi que la vulgarisation du Chrysanthème et du Dahlia en France.

Dans l'Appendice de mon Ouvrage, j'ai réuni des documents d'archives qui montrent l'activité du Muséum sous la Révolution et sous le Premier Empire. Enfin sont publiées des lettres inédites de divers Correspondants de Desfontaines, notamment de A. P. de Candolle, qui apportent quelques renseignements sur l'Histoire de la Botanique à cette époque.

HYDRODYNAMIQUE. — *Petits mouvements relatifs périodiques d'un corps pesant tournant, constitué par un noyau solide immergé dans une masse liquide homogène.* Note [1] de M. **Georges Giraud**.

Considérons un corps dont les parties s'attirent suivant la loi de Newton, et qui est constitué par un noyau solide entièrement immergé dans une masse homogène parfaitement fluide. Nous supposons connue une configuration d'équilibre de ce corps par rapport à un trièdre triorthogonal $Oxyz$, en rotation uniforme autour de Oz avec une vitesse angulaire ω. Soumettons ce corps à un petit champ de forces qui admet une fonction des forces du type $\mathcal{R}[F(x, y, z)\, e^{i\lambda t}]$, où F est une fonction complexe et $\mathcal{R}$ est le symbole de la partie réelle; cette fonction admet donc la période $2\pi/\lambda$, réelle ou imaginaire. Proposons-nous de *chercher les petits mouvements du corps dans lesquels chaque particule éprouve, en première approximation, des oscillations pendulaires de période* $2\pi/\lambda$ *au voisinage de la position d'équilibre;* nous admettrons les approximations accoutumées. Notre solution s'appliquera à toutes les valeurs imaginaires et à certaines valeurs réelles de λ.

Nous plaçons O au centre de gravité de la configuration d'équilibre. Soit $O'x'y'z'$ un trièdre invariablement lié au noyau et qui, dans la position d'équilibre, coïncide avec $Oxyz$; sa position à tout instant sera définie par les mêmes paramètres $p_\nu (\nu = 1, \ldots, 6)$ que dans une Note récente [2]. Nous choisissons les unités comme dans cette même Note. La densité en tout point du noyau est $\rho_1(x', y', z')$ et la densité constante du liquide est ρ_2. Soient X, Y, Z les coordonnées troublées du point dont la position moyenne est (x, y, z). Soient $V(X, Y, Z; t)$ le potentiel newtonien total, et $p(X, Y, Z; t)$ la pression dans le liquide. En imitant les raisonnements de M. Élie Cartan [3], on trouve que, dans la masse liquide, on peut écrire

$$\frac{p}{\rho_2} - V - \frac{\omega^2}{2}(X^2 + Y^2) - \mathcal{R}[F(X, Y, Z)\, e^{i\lambda t}] = \mathcal{R}[\psi(x, y, z)\, e^{i\lambda t}] + \text{const.},$$

où la fonction complexe ψ, indépendante de t, satisfait en tout point (x, y, z)

(1) Séance du 30 octobre 1939.

(2) *Comptes rendus*, **209**, 1939, p. 620 à 623.

(3) *Bull. Sciences math.*, 2e série, **46**, 1922, p. 317 à 352 et 356 à 369.

de la configuration d'équilibre à l'*équation de Poincaré*

$$\frac{\partial^2\psi}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\psi}{\partial y^2}+\left(1-\frac{4\omega^2}{\lambda^2}\right)\frac{\partial^2\psi}{\partial z^2}=0. \tag{1}$$

Pour achever de traduire analytiquement le problème, nommons V_1 le potentiel d'une masse de densité $\rho_1-\rho_2$ qui occupe la position d'équilibre du noyau. Nous posons $p_\nu=\mathcal{R}(q_\nu e^{i\lambda t})$ ($\nu=1, \ldots, 6$), où les q sont des constantes complexes. Dans la configuration d'équilibre, soient α, β et γ les cosinus directeurs de la normale en un point de la surface libre sl ou de la surface sn du noyau, dans le sens sortant du liquide. On posera pour toute fonction U

$$\Theta\,U=\alpha\frac{\partial U}{\partial x}+\beta\frac{\partial U}{\partial y}+\left(1-\frac{4\omega^2}{\lambda^2}\right)\gamma\frac{\partial U}{\partial z}+\frac{2i\omega}{\lambda}\left(\beta\frac{\partial U}{\partial x}-\alpha\frac{\partial U}{\partial y}\right).$$

Alors la nullité de p en tout point P ou (x, y, z) de la surface libre se traduit par l'équation suivante, où g est la pesanteur apparente,

$$\begin{aligned}\frac{g\Theta\psi(P)}{\lambda^2-4\omega^2}-\frac{\rho_2}{4\pi(\lambda^2-4\omega^2)}\int_{sl}^{(2)}\frac{\Theta\psi(Q)}{PQ}d\sigma_Q-\psi\\+(q_1-q_6y+q_5z)\frac{\partial V_1}{\partial x}+(q_2+q_6x-q_4z)\frac{\partial V_1}{\partial y}+(q_3-q_5x+q_4y)\frac{\partial V_1}{\partial z}=F\end{aligned} \tag{2}$$

(PQ = distance).

Sur sn, on a une équation (2 *bis*), analogue à (2) mais sans terme intégral; elle s'obtient en écrivant que la vitesse relative au noyau de toute molécule fluide qui touche le noyau, est tangente au noyau. Enfin, six autres conditions (E) sont les équations du mouvement du noyau; elles sont linéaires par rapport aux q, dont les coefficients sont des constantes connues; soit H le déterminant de ces coefficients. Les termes indépendants des q, dans (E), dépendent linéairement de ψ et de $\Theta\psi$, qui figurent sous des signes d'intégration.

Le problème se ramène à la recherche de la fonction ψ et des six constantes q, assujetties aux conditions (1), (2), (2 *bis*) et (E). Or H est un polynome en λ, et son degré est exactement *douze*. Quand H n'est pas nul, l'élimination des q d'abord entre (E) et (2), puis entre (E) et (2 *bis*), montre que ψ doit remplir sur $sl+sn$ une condition

$$\Theta\psi(P)+\int^{(2)}[K_1(P,Q)\Theta\psi(Q)+K_2(P,Q)\psi(Q)]\,d\sigma_Q+K_3(P)\psi(P)=K_4(P), \tag{3}$$

où les K sont des fonctions connues, dont les produits par H sont des polynomes en λ; si F est identiquement nul, K_4 l'est aussi.

Quand λ *n'est pas un nombre de l'intervalle réel* — $2\omega \leqq \lambda \leqq 2\omega$, le problème peut être ramené, à volonté, soit à des équations à intégrales principales, soit à des équations de Fredholm. Pour avoir une équation à intégrale principale qui se laisse traiter par une méthode déjà annoncée ([4]), il suffit de poser

$$\psi(P) = \int_{s_l + s_n}^{(2)} \frac{\mu(Q)\, d\sigma_Q}{4\pi\sqrt{\left(1 - \frac{4\omega^2}{\lambda^2}\right)[(x-\xi)^2 + (y-\eta)^2] + (z-\zeta)^2}},$$

où ξ, η et ζ sont les coordonnées de Q, et μ est une fonction inconnue; la partie réelle de la détermination choisie du radical est positive; il est douteux que l'équation équivaille au problème pour toute valeur imaginaire de λ, mais une variante de cette méthode y remédie. Pour avoir des équations de Fredholm, on peut imiter la marche suivie dans un Mémoire récent ([5]) (un certain paramètre, réel dans ce Mémoire, doit recevoir ici des valeurs imaginaires, mais l'essentiel subsiste).

Si, λ n'appartenant pas à l'intervalle exclu, ψ ne peut être qu'identiquement nul quand F l'est, notre problème a une solution et une seule quel que soit F. Dans le cas contraire, on dira que λ est une *valeur propre*. Les zéros de H sont des valeurs propres, du moins quand ils n'appartiennent pas à l'intervalle exclu.

Si une valeur propre est imaginaire, la configuration d'équilibre est certainement instable. Si toutes les valeurs propres sont réelles, on peut dire, à la suite de M. Élie Cartan (*loc. cit.*) qu'il y a *stabilité ordinaire à la Poincaré*. Vu la façon dont λ intervient, ces raisonnements n'excluent pas l'éventualité que toute valeur de λ, en dehors de l'intervalle exclu, serait propre; il y aurait alors instabilité. Sauf dans ce cas, les valeurs propres n'ont aucune valeur d'accumulation en dehors de l'intervalle exclu.

Dans l'exemple indiqué par la Note citée au début, la condition $\rho H_{1,0} > \rho_2 H_{2,2}$ entraîne que toutes les valeurs propres sont réelles. M. Élie Cartan a montré ([3]) que, quand il n'y a pas de noyau, cette conclusion subsiste dans d'autres cas.

([4]) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 2124; **203**, 1936, p. 292; **204**, 1937, p. 628.
([5]) *Journal de Math.*, 9e série, **18**, 1939, p. 111 à 143.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la corrélation entre les équations fondamentales des champs gazodynamique et électromagnétique.* Note de M. **Dimitri Riabouchinsky.**

Nous avons démontré [1], en développant la théorie des mouvements relatifs supersoniques presque rectilignes d'un fluide parfait compressible [2], que les petits déplacements dans les mouvements absolus correspondants sont déterminés par des équations semblables à celles du champ électromagnétique dans le vide. Ce parallélisme devient parfait [3] lorsqu'on effectue un passage à la limite en admettant que la vitesse d'entraînement q_1 tend vers l'infini et en ne considérant ensuite que le mouvement absolu résiduel (G). Les vecteurs $\vec{H}$ et $\vec{E}$ figurant dans les formules obtenues par ce procédé correspondent respectivement aux vecteurs champ magnétique et champ électrique dans les équations de Maxwell.

En *gazodynamique* la signification de ces vecteurs est la suivante. Le vecteur $\vec{H}$ a comme grandeur le potentiel des vitesses d'un mouvement fluide parallèle à un plan et est normal à ce plan. Le vecteur $\vec{H}$ est un *potentiel dirigé*. Le vecteur $\vec{E}$ a comme grandeur le déplacement des particules fluides, mais il est dirigé perpendiculairement à ce déplacement, qui est parallèle à la vitesse de propagation $\vec{c}$ de l'onde. Les vecteurs $\vec{H}$ et $\vec{c}$ sont perpendiculaires. Le vecteur unité $\vec{E}^0$ est le produit vectoriel des vecteurs unité $\vec{H}^0$ et $\vec{c}^0$. Les vecteurs $\vec{H}$, $\vec{E}$ et $\vec{c}$ forment en tout point du domaine fluide un trièdre trirectangle (T).

Rapportons le mouvement G à trois axes rectangulaires $Oxyz$ fixes dans l'espace et, pour définir la position du trièdre T, supposons trois axes rectangulaires $O'x'y'z'$ dont l'origine O' a comme coordonnées a_0, b_0, c_0; l'axe $O'x'$ coïncide avec le vecteur $\vec{H}$ et l'axe $O'y'$ forme avec le vecteur $\vec{c}$ un angle dont nous désignerons le cosinus par β_1.

Les vecteurs $\vec{H}$, $\vec{E}$ que nous avons obtenus étant, indépendamment de leurs grandeur et orientation dans l'espace, des solutions des équations

---

(1) *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 695-698.
(2) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 472-475.
(3) *Comptes rendus*, **209**, 1939, p. 587-589.

de Maxwell qui sont linéaires, il en résulte qu'en superposant n champs de vecteurs $\overrightarrow{H}_\nu$, $\overrightarrow{E}_\nu$, $\nu = 1, 2, \ldots, n$, de diverses grandeur et orientation, on obtient une nouvelle solution de ces équations.

En conservant les notations des Notes précitées, nous pouvons exprimer la solution générale des équations de Maxwell comme suit :

$$\zeta_\nu = \frac{ct}{\lambda_\nu} + \left(\beta_{1\nu}\frac{y'_\nu}{\lambda_\nu} + \beta_{2\nu}\frac{z'_\nu}{\lambda_\nu}\right), \qquad \bar{\zeta}'_\nu = \frac{ct}{\lambda_\nu} - \left(\beta_{1\nu}\frac{y'_\nu}{\lambda_\nu} + \beta_{2\nu}\frac{z'_\nu}{\lambda_\nu}\right),$$

$$\beta_{1\nu}^2 + \beta_{2\nu}^2 = 1, \qquad x'_\nu = a_{0\nu} + a_{1\nu}x + b_{1\nu}y + c_{1\nu}z,$$

$$y'_\nu = b_{0\nu} + a_{2\nu}x + b_{2\nu}y + c_{2\nu}z, \qquad z'_\nu = c_{0\nu} + a_{3\nu}x + b_{3\nu}y + c_{3\nu}z;$$

$$\overrightarrow{H} = \sum_\nu \overrightarrow{H}_\nu, \qquad H_x = \sum_\nu H_\nu a_{1\nu}, \qquad H_y = \sum_\nu H_\nu b_{1\nu}, \qquad H_z = \sum_\nu H_\nu c_{1\nu};$$

$$H = \sum_\nu H_\nu = \sum_\nu \alpha_\nu[\mathcal{F}_\nu(\zeta_\nu) + \mathcal{F}_\nu(\bar{\zeta}_\nu)];$$

$$\overrightarrow{E} = \sum_\nu \overrightarrow{E}_\nu, \qquad E_x = \sum_\nu E_{\nu x} = \sum_\nu \alpha_\nu(a_{3\nu}f_{1\nu} - a_{2\nu}f_{2\nu}),$$

$$E_y = \sum_\nu E_{\nu y} = \sum_\nu \alpha_\nu(b_{3\nu}f_{1\nu} - b_{2\nu}f_{2\nu}), \qquad E_z = \sum_\nu E_{\nu z} = \sum_\nu \alpha_\nu(c_{3\nu}f_{1\nu} - c_{2\nu}f_{2\nu}),$$

$$f_{1\nu} = -\beta_{1\nu}[\mathcal{F}_\nu(\zeta_\nu) - \mathcal{F}(\bar{\zeta}_\nu)], \qquad f_{2\nu} = -\beta_{2\nu}[\mathcal{F}(\zeta_\nu) - \mathcal{F}(\bar{\zeta}_\nu)].$$

Les fonctions $\mathcal{F}_\nu$ sont des fonctions arbitraires. Dans chacune des n solutions particulières les 9 cosinus directeurs $a_{1\nu}, b_{1\nu}, \ldots, c_{3\nu}$ doivent être définis par trois constantes, par exemple les angles d'Euler, que nous nommerons $\theta_{1\nu}$, $\theta_{2\nu}$, $\theta_{3\nu}$. Une solution particulière $\overrightarrow{H}_\nu$, $\overrightarrow{E}_\nu$ est, par conséquent, complètement définie si l'on connaît la fonction $\mathcal{F}_\nu$ et les valeurs des 9 paramètres $\theta_{1\nu}$, $\theta_{2\nu}$, $\theta_{3\nu}$, $a_{0\nu}$, $b_{0\nu}$, $c_{0\nu}$, $\beta_{1\nu}$, α_ν, λ_ν. Si certains de ces paramètres varient d'une façon continue, il faut passer des sommes aux intégrales.

Les grandeurs H_ν, E_ν, α_ν qui figurent dans les équations sont sans dimension. Pour préciser que H_ν est un potentiel de vitesse, on peut poser $H_\nu = \varphi_\nu/v_\nu\lambda_\nu$, où v_ν a la dimension d'une vitesse et λ_ν est la longueur de l'onde. La grandeur conjuguée E_ν peut aussi être mise sous la forme $E_\nu = e_\nu/v_\nu\lambda_\nu$ et l'on peut écrire $\alpha_\nu = A_\nu/\lambda_\nu$, où A_ν est l'amplitude de l'oscillation.

Il résulte de la théorie que nous avons développée que, s'il existait un éther sous la forme d'un gaz parfait, dont la densité rapportée à celle de l'air soit de l'ordre de grandeur de 10^{-12}, on serait conduit à des équations formellement identiques à celles de Maxwell.

Inversement, les équations fondamentales du champ électromagnétique ont permis à l'auteur de mettre en évidence le rôle important des vecteurs $\vec{H}$, $\vec{E}$ dans l'étude des petits mouvements d'un fluide parfait compressible et de *démontrer* les équations de Maxwell.

On aperçoit maintenant la cause de l'insuccès des nombreuses tentatives faites pour trouver une interprétation mécaniste de la propagation des ondes électromagnétiques. Parmi ces tentatives la *vortex-sponge*, théorie de l'éther proposée par Lord Kelvin, est considérée (4) comme la plus intéressante, mais les difficultés analytiques qu'on rencontre en traitant ce sujet paraissent inextricables. Cette cause d'insuccès réside dans le fait qu'on n'avait pas encore rencontré dans l'étude de phénomènes purement mécaniques dans un milieu continu des grandeurs jouissant des propriétés remarquables des vecteurs conjugués $\vec{H}$ et $\vec{E}$.

CORRESPONDANCE.

TOPOLOGIE. — *Sur les espaces topologiques susceptibles d'être munis d'une structure uniforme d'espace complet.* Note (1) de M. **Jean Dieudonné**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Je me propose d'abord de compléter un Mémoire récent (2), en démontrant le théorème général suivant, que je n'avais établi, dans le travail précité, que dans un cas particulier :

Théorème (3). — *Tout espace topologique uniformisable dont la topologie est plus fine qu'une topologie d'espace métrisable, est susceptible d'être muni d'une structure uniforme d'espace complet.*

2. Établissons, en premier lieu, une propriété générale des espaces uniformes.

---

(4) E. T. Whittaker, *A History of the Theories of Aether and Electricity*, London, 1910, p. 336.

(1) Séance du 23 octobre 1939.

(2) *Sur les espaces uniformes complets* [*Ann. de l'Éc. Norm. Sup.* (sous presse)].

(3) La terminologie et les notations de cette Note sont celles du Mémoire précité.

Considérons un espace uniforme E, dont la structure uniforme est définie par une famille Φ de *pseudo-métriques* $f_\alpha(x, y)$, et soit $\overline{E}$ l'espace *complété* de E; désignons par $\mathcal{U}$ la structure uniforme ainsi obtenue sur $\overline{E}$, par $\mathcal{T}$ la topologie qui s'en déduit. Comme $f_\alpha(x, y)$ est uniformément continue dans $E \times E$, elle se prolonge en une fonction $\overline{f}_\alpha(x, y)$ uniformément continue sur $\overline{E} \times \overline{E}$, et l'on voit aussitôt que ces fonctions sont encore des pseudo-métriques. La famille $\overline{\Phi}$ de ces fonctions définit donc sur $\overline{E}$ une structure uniforme $\mathcal{U}'$ et une topologie $\mathcal{T}'$; nous allons voir que $\mathcal{U}'$ est identique à $\mathcal{U}$ (et par suite que $\mathcal{T}'$ est identique à $\mathcal{T}$). Remarquons d'abord que $\mathcal{U}'$ est *moins fine* que $\mathcal{U}$, et par suite $\mathcal{T}'$ moins fine que $\mathcal{T}$, les $\overline{f}_\alpha$ étant uniformément continues relativement à la structure $\mathcal{U}$. D'autre part $\mathcal{U}'$ induit sur E la structure uniforme donnée. Considérons alors, sur E, un filtre de Cauchy; il converge dans $\overline{E}$, muni de la topologie $\mathcal{T}$, donc aussi dans $\overline{E}$, muni de la topologie moins fine $\mathcal{T}'$. D'autre part E est partout dense dans $\overline{E}$, muni de la topologie $\mathcal{T}$, donc aussi dans $\overline{E}$, muni de la topologie moins fine $\mathcal{T}'$. Mais alors un résultat général de la théorie des espaces uniformes ([4]) montre que $\mathcal{U}'$ est une structure d'espace *complet*, et, de l'unicité du complété d'un espace uniforme, on déduit que $\mathcal{U}$ et $\mathcal{U}'$ sont identiques.

3. Soit maintenant E un espace uniformisable dont la topologie est plus fine qu'une topologie d'espace métrisable. Il existe alors une structure uniforme $\mathcal{U}$ sur E, définie par une famille Φ de pseudo-métriques, parmi lesquelles figure une *métrique* $d(x, y)$. La structure uniforme sur le complété $\overline{E}$ de E est définie par la famille $\overline{\Phi}$ des fonctions de Φ prolongées. Il faut remarquer que $\overline{d}(x, y)$, fonction prolongée de $d(x, y)$, est une pseudo-métrique sur $\overline{E}$, mais non une métrique en général; toutefois, l'inégalité du triangle montre que, si x est un point quelconque de $\overline{E}$, il existe *au plus un point* x' de E distinct de x et tel que $\overline{d}(x, x') = 0$.

Considérons alors un point x quelconque de $\overline{E} - E$, et soit V un voisinage de x ne contenant pas le point x' correspondant, si ce point existe (sinon, V est un voisinage quelconque de x). Soit W_n l'intersection de V avec l'ensemble des points y de $\overline{E}$ tels que $\overline{d}(x, y) < \frac{1}{n}$. C'est un voisinage

---

([4]) Ce résultat est démontré dans le Livre III (*Topologie générale*), chap. II, § 3, des *Éléments de mathématique* de N. Bourbaki.

de x; il existe donc une fonction $u_n(y)$ continue dans $\overline{E}$, comprise entre o et 1, égale à o au point x, à 1 en dehors de W_n. Formons la fonction $g(y)=\sum_{n=1}^{\infty}\frac{u_n(y)}{2^n}$; elle est continue dans $\overline{E}$, égale à o au point x, et *non nulle en tout point de* E, car l'intersection des W_n ne contient aucun point de E. Mais alors la fonction $\frac{1}{g(y)}$ est continue dans E et tend vers $+\infty$ quand y tend vers x en restant dans E; cela suffit, d'après les résultats de mon Mémoire précité, pour démontrer le théorème énoncé ci-dessus.

4. Dans le Mémoire précité, et dans une Note récente ([5]), j'ai donné deux exemples d'espaces uniformisables non susceptibles d'être munis d'une structure uniforme d'espace complet. Ces exemples rentrent dans une catégorie générale d'espaces topologiques, pour lesquels la même propriété a lieu : à savoir, les espaces uniformisables *non compacts*, mais *semi-compacts* (c'est-à-dire où toute suite de points admet un point d'accumulation). En effet, il résulte d'un théorème de A. Weil ([6]) que tout espace uniforme *semi-compact* et *complet* est nécessairement *compact*.

5. Je signale enfin que l'espace E de ma Note précitée ([5]) (défini sur l'ensemble des nombres transfinis de seconde classe) et l'espace E', obtenu en adjoignant à E le premier nombre de troisième classe Ω, de sorte que E' soit compact, donnent un exemple de *deux espaces normaux* (et même *complètement normaux*) *dont le produit n'est pas normal*. En effet, la diagonale Δ de $E\times E$ est fermée dans $E\times E'$; il en est de même de l'ensemble A formé des points (x, Ω), x parcourant E; mais tout voisinage de Δ contient un ensemble de la forme $S_a\times S_a$ (notations de la Note précitée), et pour $x>a$, tout voisinage de (x, Ω) rencontre $S_a\times S_a$; donc tout voisinage de Δ rencontre tout voisinage de A.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Nouvelle extension de la notion de dérivée. Fonctions de variables complexes.* Note ([1]) de M. **Kyrille Popoff**, présentée par M. Émile Borel.

Soient $Z=f(z)=X+iY=P(x, y)+iQ(x, y)$ une fonction de la variable complexe $r=x+iy$ et Z_0 la valeur de cette fonction pour $z=z_0$.

([5]) *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 145-147.

([6]) A. Weil, *Sur les espaces à structure uniforme et sur la topologie générale*, Paris, 1937, p. 27, théorème VIII.

([1]) Séance du 23 octobre 1939.

Considérons la droite $(J - Z_0) = (M + iN)(z - z_0)$, passant par le point (z_0, Z_0) de la courbe $Z = f(z)$ et formons l'expression

$$D = \frac{(z - z_0)(M + iN) - (Z - Z_0)}{\sqrt{1 + M^2 + N^2}} = \frac{(\Delta x M - \Delta y N - \Delta P) + i(\Delta x N + \Delta y M - \Delta Q)}{\sqrt{1 + M^2 + N^2}},$$

par analogie à l'expression donnant la distance d'un point à une droite dans le cas de variables réelles. Dans une Note précédente [2], nous sommes arrivé à généraliser la notion de dérivée d'une fonction de variables complexes en cherchant à rendre minimum l'intégrale double $\int |D|^2 d\sigma$, prise dans un domaine (R) autour du point $(x_0 + iy_0)$ du plan de la variable complexe z. On arrive à des résultats analogues en considérant l'intégrale double

$$D_1 = \int_{(R)} D\, d\sigma = \frac{M\int \Delta x\, d\sigma - N\int \Delta y\, d\sigma - \int \Delta P\, d\sigma}{\sqrt{1 + M^2 + N^2}} + i\,\frac{N\int \Delta x\, d\sigma + M\int \Delta y\, d\sigma - \int \Delta Q\, d\sigma}{\sqrt{1 + M^2 + N^2}}.$$

En effet, les valeurs de M et N, annulant D_1, sont données ici par les équations

$$M\int \Delta x\, d\sigma - N\int \Delta y\, d\sigma - \int \Delta P\, d\sigma = 0,$$
$$M\int \Delta y\, d\sigma + N\int \Delta x\, d\sigma - \int \Delta Q\, d\sigma = 0,$$

d'où l'on tire

$$M + iN = \frac{\left[\int \Delta P\, d\sigma \int \Delta x\, d\sigma + \int \Delta Q\, d\sigma \int \Delta y\, d\sigma\right] + i\left[\int \Delta Q\, d\sigma \int \Delta x\, d\sigma - \int \Delta P\, d\sigma \int \Delta y\, d\sigma\right]}{\left(\int \Delta x\, d\sigma\right)^2 + \left(\int \Delta y\, d\sigma\right)^2}.$$

Des calculs faciles conduisent à

$$M + iN = \frac{\int (\Delta P + i\,\Delta Q)\, d\sigma}{\int (\Delta x + i\,\Delta y)\, d\sigma} = \frac{\int \Delta f(z)\, d\sigma}{\int \Delta z\, d\sigma}.$$

Nous définissons ici la dérivée de $f(z)$ au point z_0 comme limite, lorsqu'elle

---

[2] *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 472-474.

existe, de l'expression ci-dessus quand les dimensions du domaine d'intégration (R) tendent vers zéro dans toutes les directions. Dans le cas d'une fonction monogène, où l'on a

$$\frac{\partial P}{\partial x}=\frac{\partial Q}{\partial y}, \qquad \frac{\partial P}{\partial y}=-\frac{\partial Q}{\partial x},$$

cette limite existe, indépendamment de la manière dont les dimensions de (R) tendent vers zéro, et l'on a

$$\lim(M+iN)=\frac{\partial P}{\partial x}+i\frac{\partial Q}{\partial x}.$$

Mais cette limite peut exister même dans des cas où les fonctions $P(x, y)$, $Q(x, y)$ ne sont pas continues, et dans ce cas cette limite définit la dérivée de $f(z)$, généralisée au moyen du premier moment. La dérivée ainsi généralisée jouit de la plupart des propriétés de la dérivée de Cauchy. Pour les propriétés analogues concernant les fonctions d'une variable réelle, voir nos Notes des *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1444 et 207, 1938, p. 110, ainsi que notre Mémoire *Sur une extension de la notion de dérivée* paru dans les *Monatshefte für Mathematik und Physik*, 48, 1939, p. 103-120.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Nouvelles propriétés de la totalisation par rapport à une fonction à variation bornée généralisée*. Note [1] de M. **J. Ridder**, présentée par M. Émile Borel.

Du lemme d'une Note précédente [2], il suit encore :

Théorème III. — *Soit $\alpha(x)$ (VBG) et $\mathcal{F}(x)$ finies dans le segment (a, b) et soit (a, b) la somme d'un ensemble dénombrable $\mathcal{A}$ (év. vide) et d'une somme finie ou dénombrable d'ensembles parfaits ($\mathcal{P}_j$), telle que $\alpha(x)$ est à variation bornée sur chaque $\mathcal{P}_j$, et qu'en tout point ξ d'un $\mathcal{P}_j$, sauf peut-être les points d'un sous-ensemble dénombrable $\mathcal{A}_j$, deux dérivés extrêmes de $\mathcal{F}(x)$ sur ce $\mathcal{P}_j$* [3] *et par rapport à $\alpha(x)$, l'un inférieur et l'autre supérieur, de sortes différentes, mais de même côté* [4], *soient finis (s'ils existent en ce point),*

[1] Séance du 30 octobre 1939.

[2] *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 623.

[3] Dans la détermination des dérivés on utilise donc seulement les valeurs de $\mathcal{F}(x)$ et $\alpha(n)$ prises sur $\mathcal{P}_j$.

[4] En tout point ξ on a donc quatre possibilités; le choix peut être inconnu et indifféremment variable.

tandis que ξ soit pour ce même côté une des extrémités d'un intervalle dans lequel $x \varepsilon \mathcal{P}_j$ et $\alpha(x) = \alpha(\xi)$ entraîne $\mathcal{F}(x) = \mathcal{F}(\xi)$.

Alors $\mathcal{F}(x)$ remplit la condition $(\mathcal{N}_{\alpha(x)})$ dans (a, b).

Lemme. — Considérons deux fonctions, $\alpha(x)$ (VBG) et $\mathcal{F}(x)$ finies dans le segment (a, b). En tout point ξ de discontinuité de $\alpha(x)$ sera donné un nombre $\mathcal{A}(\xi)$, dont la valeur absolue reste inférieure à un nombre fini $\mathcal{M}$ (indépendant de ξ) et tel que

$$\lim_{x \succ \xi} [\mathcal{F}(x) - \mathcal{F}(\xi) - \mathcal{A}(\xi)\{\alpha(x) - \alpha(\xi)\}] = 0;$$

en tout autre point de (a, b) $\mathcal{F}(x)$ sera continue.

Si alors $\alpha(x)$ est à variation bornée sur un ensemble parfait $\mathcal{P}$ et si : 1° en tout point ξ d'un ensemble non dénombrable $\mathcal{E} \subseteq \mathcal{P}$ les dérivés extrêmes $\mathcal{D}^{(\mathcal{P})}_{\alpha(x); d_1} \mathcal{F}(x)$ et $\overline{\mathcal{D}}^{(\mathcal{P})}_{\alpha(x); d_2} \mathcal{F}(x)$ sont finis (s'ils existent); 2° tout point ξ de $\mathcal{E}$, qui est un point d'accumulation à droite de $\mathcal{P}$, est l'extrémité gauche d'un intervalle $[\xi, \xi + h(\xi)]$ tel que

$$x \varepsilon \mathcal{P}[\xi, \xi + h(\xi)] \quad \text{et} \quad \alpha(x) = \alpha(\xi) \qquad \text{entraîne} \qquad \mathcal{F}(x) = \mathcal{F}(\xi),$$

on peut montrer que $\mathcal{E}$ est contenu, sauf peut-être un nombre fini ou dénombrable de ses points, dans une somme finie ou dénombrable de sous-ensembles parfaits $(\mathcal{K}_j)$ de $\mathcal{P}$, sur chacun desquels $\mathcal{F}(x)$ est à variation bornée.

De ce lemme et des théorèmes II et III ([5]) on déduit :

Théorème IV. — *Soit $\alpha(x)$ (VBG) et $\mathcal{F}(x)$ finie dans (a, b). En tout point ξ de discontinuité de $\alpha(x)$ soit donné un nombre $\mathcal{A}(\xi)$, dont la valeur absolue reste inférieure à un nombre fixe $\mathcal{M}$ (indépendant de ξ) et tel que*

$$\lim_{x \succ \xi} [\mathcal{F}(x) - \mathcal{F}(\xi) - \mathcal{A}(\xi)\{\alpha(x) - \alpha(\xi)\}] = 0;$$

en tout autre point de (a, b) $\mathcal{F}(x)$ soit continue. Soit, en outre, (a, b) la somme d'un ensemble dénombrable $\mathcal{A}$ (év. vide) et d'une somme finie ou dénombrable d'ensembles parfaits $(\mathcal{P}_j)$, telle que $\alpha(x)$ soit à variation bornée sur chaque $\mathcal{P}_j$ et qu'en tout point ξ d'un $\mathcal{P}_j$, sauf peut-être les points d'un sous-ensemble dénombrable $\mathcal{A}_j$, deux dérivés extrêmes de $\mathcal{F}(x)$ sur ce $\mathcal{P}_j$ ([3]) et par rapport à $\alpha(x)$, l'un inférieur et l'autre supérieur, de sortes différentes, mais de même côté ([4]), soient finies (s'ils existent en ce point), tandis que ξ soit pour ce même côté une des extrémités d'un intervalle dans lequel $x \varepsilon \mathcal{P}_j$ et $\alpha(x) = \alpha(\xi)$ entraîne $\mathcal{F}(x) = \mathcal{F}(\xi)$.

([5]) Voir aussi J. Ridder, *Math. Annalen*, **116**, 1938, (th. 13), p. 99.

Alors $\mathcal{F}(x)$ est, dans (a, b), (ACG) *par rapport à $\alpha(x)$, et, par conséquent, $\mathcal{F}(x) - \mathcal{F}(a)$ est, pour $a \leqq x \leqq b$, une intégrale (totale) indéfinie par rapport à $\alpha(x)$, au sens de la définition 11 de notre travail :* (PS)-Intégration II, (*Math. Annalen*, 116, 1938, p. 98), *d'une fonction $f(x)$.*

$= \mathcal{A}(x)$ dans les points de discontinuité de $\alpha(x)$,

$=$ un des deux dérivés extrêmes introduits plus haut pour tous les points de continuité de $\alpha(x)$, dans lesquels au moins un tel dérivé existe,

et dont la valeur est arbitrairement choisie dans les autres points (a, b).

Le corollaire qu'on obtient quand il y a un seul ensemble parfait $\mathcal{X}_1$, coïncidant avec le segment (a, b) (6), contient encore le théorème connu de M. A. Denjoy sur la totalisation des dérivés extrêmes (ordinaires) finis (7). En outre ce corollaire donne une solution d'un problème posé par M. H. Lebesgue dans ses *Leçons sur l'intégration*, 2e éd., 1928, p. 307.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur la préparation électrolytique des phosphures de molybdène.* Note (1) de MM. **Jean-Lucien Andrieux** et **Marcel Chêne**, présentée par M. Paul Lebeau.

Deux phosphures de molybdène ont été décrits; l'un, de formule P^2Mo, préparé par synthèse (2), l'autre, de formule PMo obtenu soit par réduction de l'acide métaphosphorique et de l'anhydride molybdique par le carbone (3), soit par l'électrolyse de l'anhydride molybdique dissous dans de l'acide métaphosphorique ou des phosphates alcalins à l'état fondu (4).

Obtenus par ces méthodes, les phosphures de molybdène n'ont pas une composition bien définie et sont mélangés à des impuretés, notamment à des phosphates insolubles dans les acides. Dans le but de les isoler, nous avons appliqué, pour leur préparation, la méthode dont nous avons

(6) $\alpha(x)$ est donc alors à variation bornée dans (a, b).

(7) Dans ce cas $\alpha(x) \equiv x$. Comparez aussi une extension de ce théorème que nous avons donnée dans une Note des *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 1115-1118.

(1) Séance du 30 octobre 1939.

(2) E. Heinerth et W. Biltz, *Zeit. anorg. Chem.*, 198, 1931, p. 170.

(3) L. Wöhler et Rautenberg, *Lieb. Ann.*, 109, 1859, p. 374.

(4) H. Hartmann et U. Conrad, *Zeit. anorg. Chem.*, 233, 1937, p. 313.

indiqué le principe ([5]) et qui consiste essentiellement à électrolyser l'oxyde du métal dont on se propose d'obtenir les phosphures, en dissolution dans les bains fondus de phosphates et de sels halogénés alcalins ou alcalino-terreux.

Dans une série d'essais, nous avons fait varier la quantité d'anhydride molybdique dissoute dans le bain, les autres conditions restant les mêmes, et nous avons suivi la variation de la composition des phosphures recueillis à la cathode. Nous avons ainsi obtenu deux phosphures correspondant aux formules PMo et PMo^3 et des produits de compositions intermédiaires. En outre, lorsque la quantité d'anhydride molybdique dépassait 20 % du poids du bain, nous avons recueilli des cristaux brun violet de bioxyde de molybdène MoO^2. Ce bioxyde avait déjà été préparé par M. Guichard par électrolyse du molybdate de potassium $5MoO^3, K^2O$ ([6]).

Voici les conditions dans lesquelles nous avons opéré :

Composition des bains,



$$PO^3Na,\ 102^g\ (1^{mol}) + ClNa,\ 6^g + MoO^3,\ 1\ à\ 20^g.$$

Cathode, creuset de charbon de 49^{mm} de diamètre intérieur et 49^{mm} de profondeur; *Anode*, baguette de charbon de 20^{mm} de diamètre, placée dans l'axe du creuset; *température*, 800°; *tension moyenne*, 12 volts; *intensité*, 15 amp.; *densité de courant cathodique*, $0^A,2$ par centimètre carré; *durée*, 15 minutes.

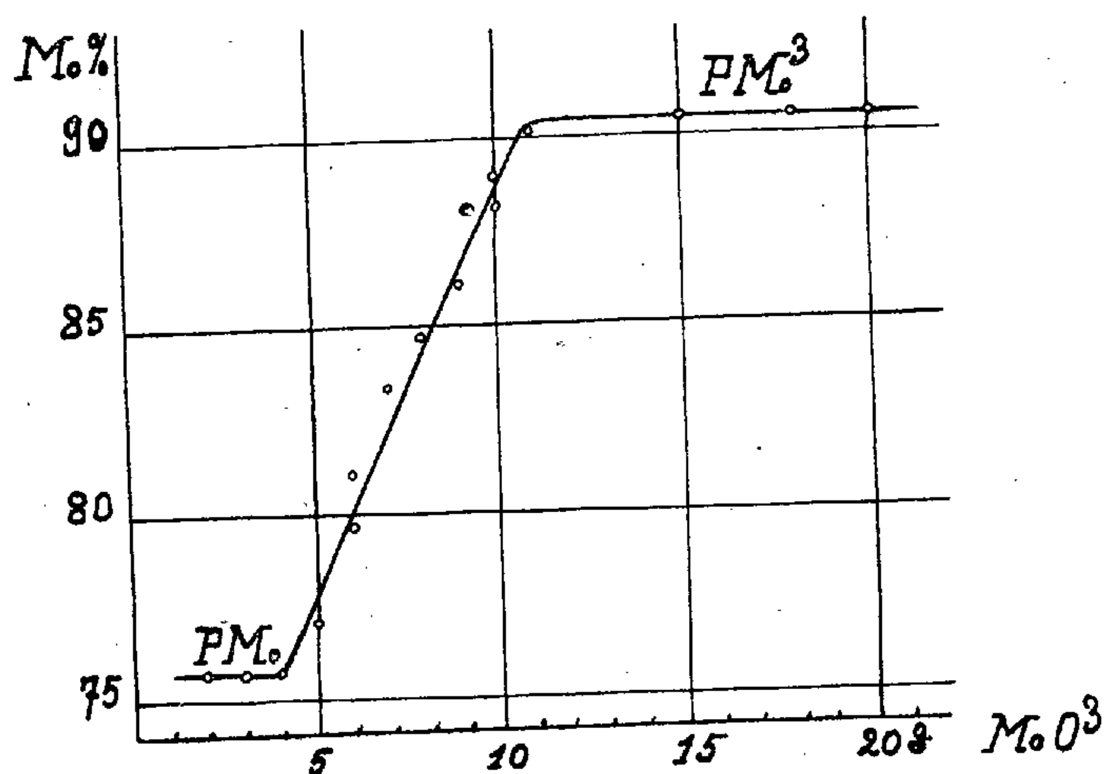
Après chaque électrolyse, le creuset et son contenu sont refroidis, brisés et traités par l'acide chlorhydrique étendu qui dissout le bain. Nous avons isolé ainsi les cristaux qui s'étaient formés sur les parois des creusets ayant servi de cathodes. Nous les avons analysés par les méthodes habituelles et nous avons réuni les résultats sur le graphique ci-après, où nous avons porté en abscisses les masses, en grammes, l'anhydride molybdique dissous dans le bain, et en ordonnées les teneurs en molybdène des cristaux obtenus.

Il est intéressant de remarquer que ce graphique présente deux paliers très nets correspondant à des phosphures contenant, l'un, 75,6 % de molybdène et 24,4 % de phosphore; l'autre, 90,3 % de molybdène et 9,7 % de phosphore, c'est-à-dire à deux composés de formules PMo et PMo^3. Ceci montre la possibilité de vérifier l'existence de certains

([5]) J. L. Andrieux et M. Chêne, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 661.
([6]) *Annales de Chimie*, 7, 23, 1901, p. 498.

composés définis en construisant la courbe de la variation de composition des produits recueillis dans une série d'électrolyses systématiques, en fonction de la variation de la composition des bains fondus qui permettent de les obtenir.

La courbe qui relie les deux paliers est sensiblement une droite; elle



correspond à des produits dont les compositions sont intermédiaires entre celles des deux phosphures précédents.

Les phosphures de molybdène sont cristallisés en fines aiguilles d'aspect métallique. Ils résistent à l'action de l'acide chlorhydrique, mais sont attaqués à chaud par l'acide sulfurique et surtout par l'acide nitrique. Les agents alcalins, à l'état fondu, les décomposent rapidement; avec les oxydants la réaction est violente. La densité du phosphure de formule PMo^3 est de 6,7.

En résumé, en électrolysant, à 800°, dans des bains fondus de métaphosphate de sodium additionné de chlorure de sodium, des quantités croissantes d'anhydride molybdique, nous avons obtenu d'abord des produits cristallisés contenant 75,6 % à 90,3 % de molybdène et 24,4 % à 9,7 % de phosphore, puis du bioxyde de molybdène. Nous avons montré qu'en établissant la courbe de la variation de la composition de ces produits, en fonction de la quantité d'anhydride molybdique employée, on peut mettre en évidence l'existence de deux composés définis : l'un de formule PMo, déjà connu, l'autre de formule PMo^3 dont l'existence n'avait pas encore été signalée.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'absorption de vapeurs en présence d'un gaz étranger.* Note de M. **Michel Kantzer**, présentée par M. Charles Fabry.

Les recherches portent sur les vapeurs sèches du monochlorure d'iode, diluées dans des gaz sans action chimique sur elles et transparents dans la région spectrale utilisée. Le monochlorure, préparé par action de l'iode sur le chlorate de potassium, est purifié par distillation. Les cuves d'absorption en pyrex, d'un modèle spécial, seront décrites plus tard : elles permettent de garder toute la masse gazeuse à température constante, évitant les condensations locales de monochlorure qui amènent toujours une décomposition chimique. Le spectrographe est à réseau concave d'un mètre de rayon, en montage stigmatique (diffraction normale et fente à l'infini). Il donne une dispersion sur la plaque, en deuxième ordre, de 24 Å par millimètre. Les spectres sont étudiés par photométrie photographique. Le domaine des recherches est la partie visible du spectre.

Les gaz utilisés sont : hydrogène, azote, oxygène, gaz carbonique; l'influence particulière de chacun sera exposée plus tard.

Dans l'ensemble, les résultats sont les suivants :

Pour une pression de monochlorure supérieure à 1/10e de millimètre environ, l'absorption optique augmente régulièrement par addition de gaz étranger, pour atteindre une valeur limite qui dépend du gaz.

Pour une pression de monochlorure inférieure à 1/10e de millimètre, l'absorption optique augmente par addition de gaz étranger et passe par un maximum avant d'atteindre une valeur limite. Maximum et limite dépendent du gaz.

Les résultats numériques et les détails des expériences seront publiés dès que les circonstances le permettront.

PHYSIQUE ATOMIQUE. — *Sur l'élément* 87 (Ml). Note [1] de M. **Horia Hulubei**, présentée par M. Jean Perrin.

L'élément 87 a été recherché par des méthodes très diverses : spectre optique, spectre de rayons X, détermination de poids atomique, radio-

(1) Séance du 2 octobre 1939.

activité, spectroscopie de masse, mobilité des ions etc., sans résultats décisifs ([2]).

J'ai moi-même entrepris la recherche de cet élément, le test d'analyse étant son spectre X caractéristique ([3]). Depuis lors, par intermittence, j'ai pu progresser dans cette étude. Les temps présents me faisant craindre de ne pas pouvoir continuer sans difficulté ces travaux, je donne ici quelques résultats qui pourront aider la recherche dans cette direction et quelques-uns des documents qui ont contribué à ma conviction de l'existence à l'état naturel de cet élément.

Mes efforts ont porté sur l'enrichissement en élément 87 à partir de la pollucite, sa recherche dans d'autres minéraux et l'amélioration de la technique spectrographique.

Je n'ai pas pu retrouver de la pollucite de qualité semblable à celle qui m'avait donné les résultats préliminaires. Les concentrations ont été faites sur des portions allant de 5 à 20^{kg} de pollucite moins riche. Les alcalins étaient extraits à l'état de chlorures. La concentration en 87 était faite le plus souvent par la différence de solubilité de ces chlorures dans l'alcool (à l'aide de plusieurs appareils de Kumagawa). M. Moyeux m'a utilement secondé pour ces traitements chimiques.

J'ai observé un renforcement net de la raie $L\alpha_1$ caractéristique du 87, sur laquelle je contrôlais la marche des opérations chimiques. En même temps, les intensités relatives des spectres K caractéristiques du Rb et du Cs se modifiaient dans le sens prévu.

J'ai étudié d'autres minéraux contenant des alcalins lourds, béryls, lépidolites, ainsi que divers sels de Rb ou Cs commerciaux plus ou moins purs et de différentes provenances. Les béryls ainsi que les alcalins lourds commerciaux qui en proviennent m'ont donné des résultats négatifs. Par contre, de certains minéraux radioactifs comme des pechblendes, des soddites, une autunite-colombite de Bavière, j'ai extrait des souches d'alcalins lourds (en proportions non négligeables dans le minerai), dans lesquelles se manifestaient le 87. (Les résultats les meilleurs sur les autunites.)

Technique d'analyse spectroscopique. — L'excitation cathodique des alcalins est particulièrement difficile à cause de la grande volatilité de leurs

---

([2]) *Gmelins Handbuch d. Anorg. Chemie* (Anhang über Eka Cs 1938); *Bull. Soc. Chim. France*, 4e série, 53-54, 1933, p. 140.

([3]) H. Hulubei, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1927; 205, 1937, p. 854.

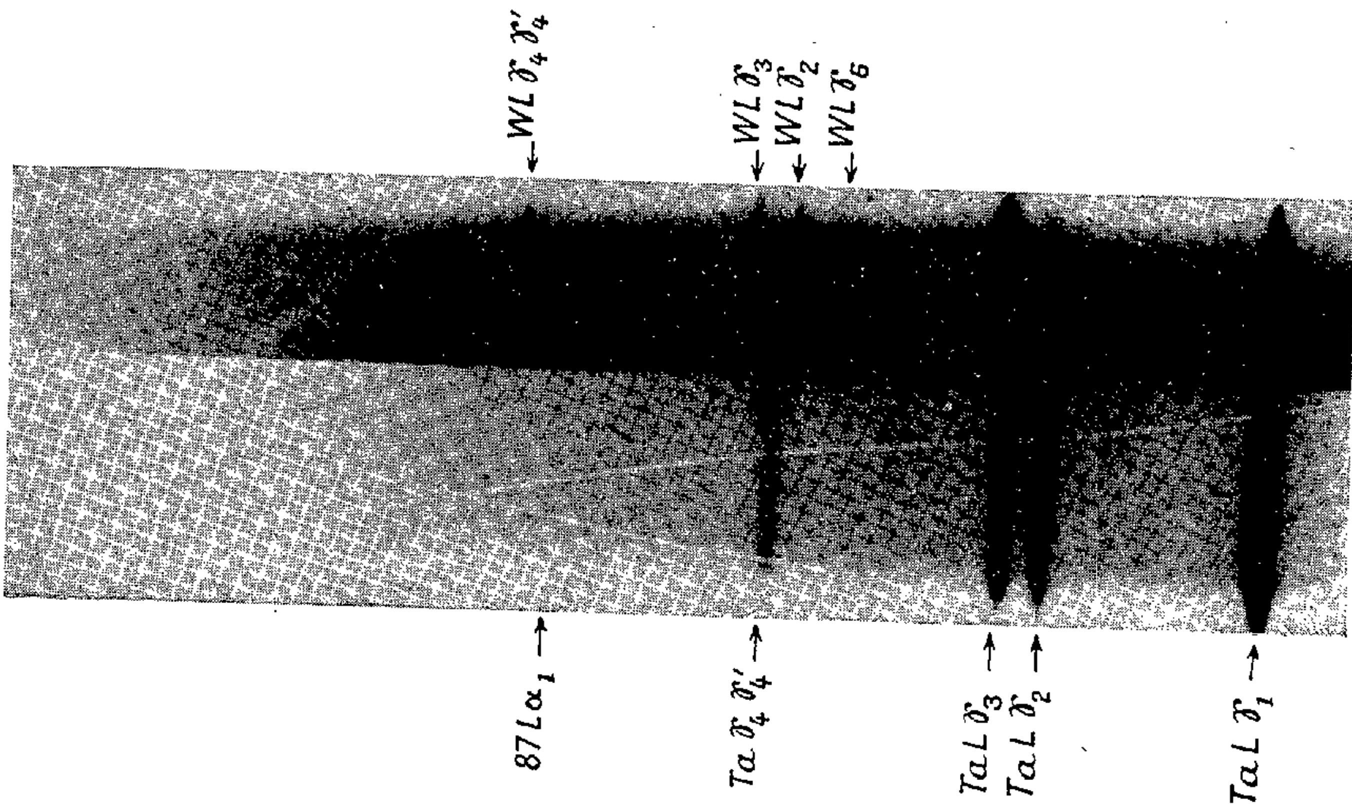


Fig. 1.

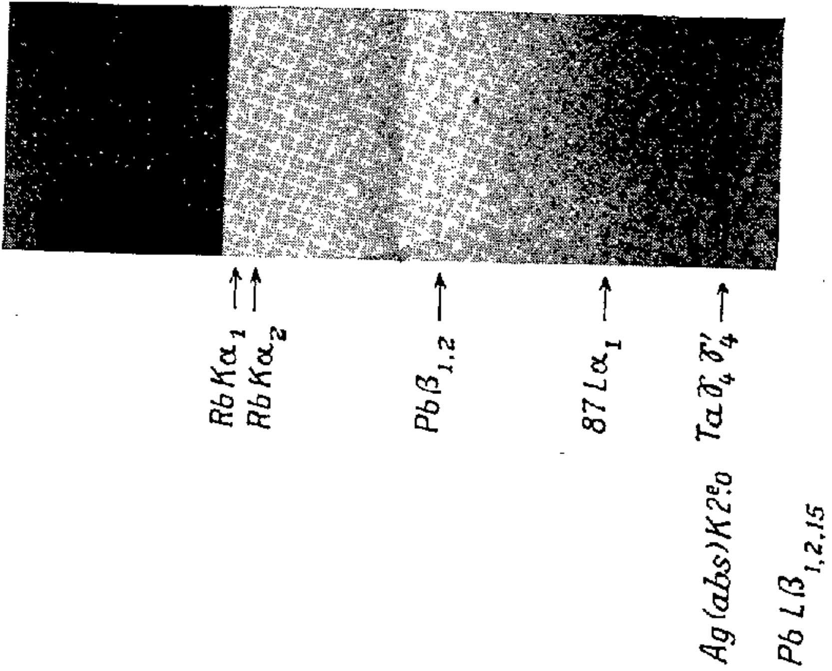


Fig. 2.

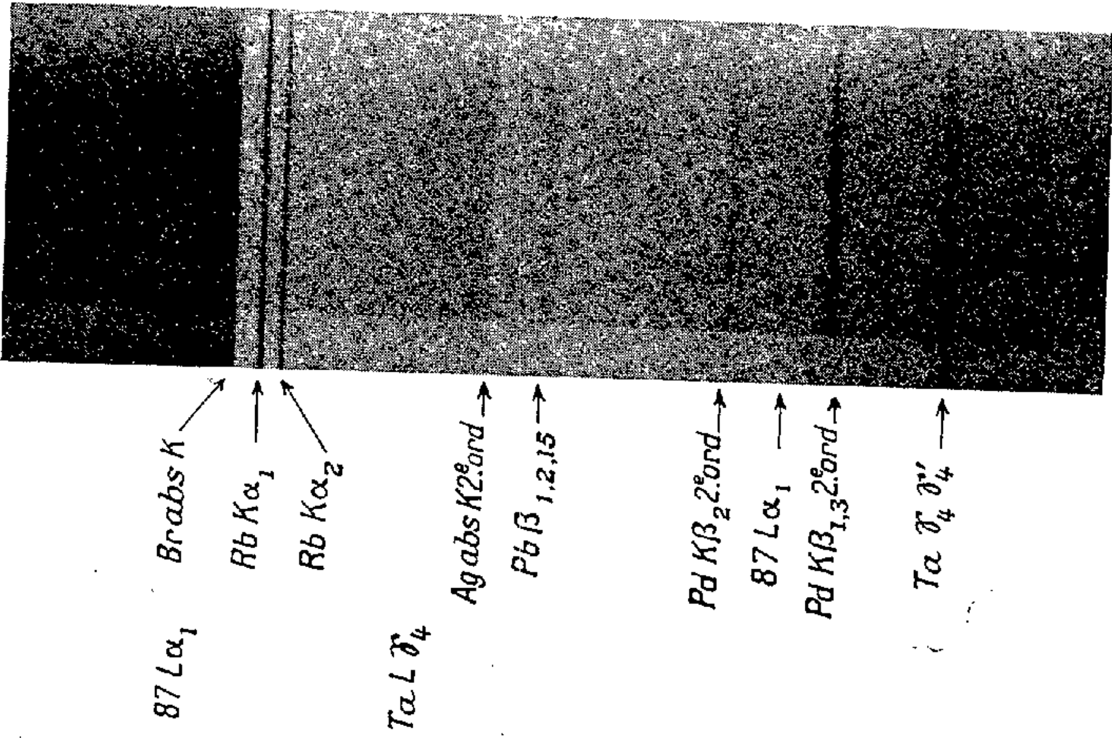


Fig. 3.

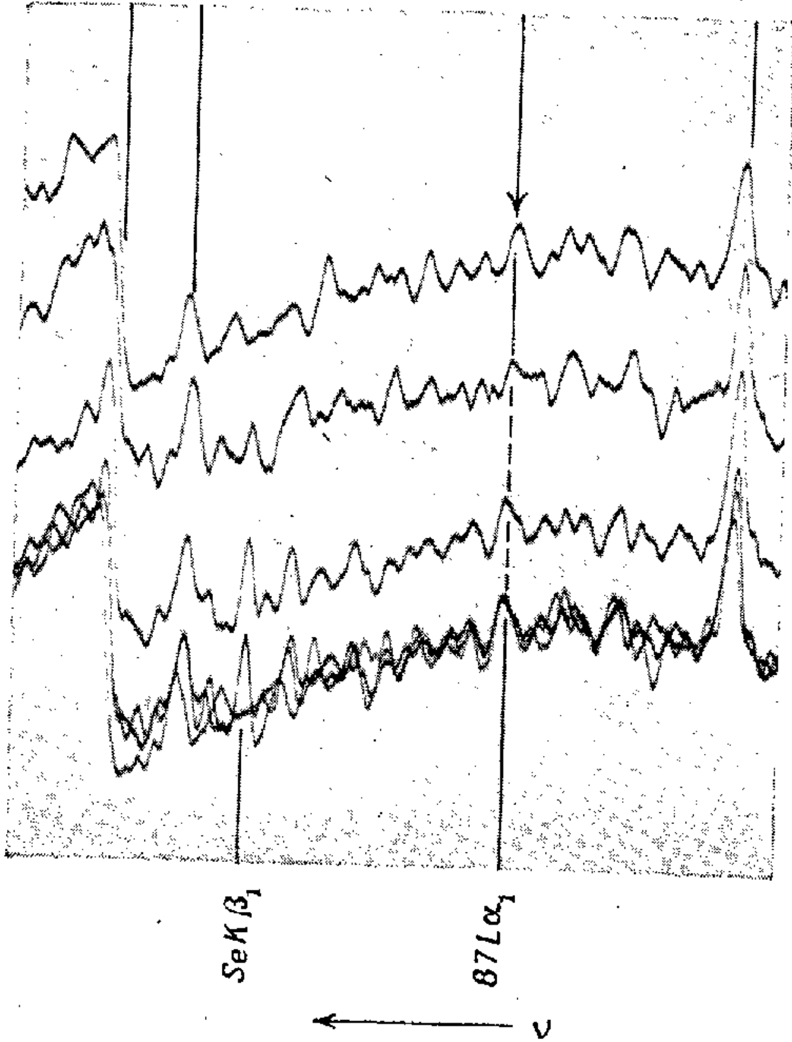


Fig. 4.

1. Cristal analyseur, quartz; références WL; 2. Cristal analyseur, mica; 3. Cristal, mica; références Pd Kβ.
4. Microphotogramme du cliché 2.

sels. Or une condition essentielle, insuffisamment connue, d'une bonne analyse, est le fonctionnement impeccable du tube à rayons X. L'excitation indirecte (fluorescence) demande des poses trop prolongées. J'ai été amené à construire un tube à rayons X sur le principe suivant : une grille métallique refroidie sépare l'espace filament de l'espace anticathode. La grille est au potentiel de l'anticathode. Le pompage des deux compartiments est assuré par des canalisations *ad hoc*. Les vapeurs et les gaz dégagés par les substances à analyser sont sucés rapidement par la pompe et n'arrivent pratiquement pas dans la région d'accélération des électrons. Par un dessin approprié de la cupule de concentration de la cathode et de la grille intermédiaire on peut obtenir un foyer de forme convenable. Dès l'application de la tension, le tube fonctionne dans de bonnes conditions de stabilité même quand les substances à analyser sont très volatiles. L'analyse du rayonnement est faite à l'aide d'un spectrographe Cauchois à focalisation. Condition essentielle : le cristal doit être de parfaite qualité pour accroître le contraste, aider à identifier avec précision les émissions et éliminer les coïncidences apparentes. Le pouvoir de détection, avec ces dispositifs expérimentaux, est très supérieur à celui que l'on admet généralement pour la spectrographie X, même dans le cas d'éléments très volatils.

On trouvera ci-contre quelques reproductions et un microphotogramme de certains de mes clichés relatif à 87 $L\alpha_1$. Pour cette raie, une mesure plus précise, facilitée par son renforcement, donne une valeur moyenne de 1028 ± 1 u. x.

Les résultats cités ont été obtenus avec plusieurs cristaux et différents plans réflecteurs, quartz (110), (130), mica ($\bar{2}01$), (100) etc., ceci pour faciliter les recoupements et contrôles spectroscopiques.

J'ai choisi à titre d'exemples trois clichés obtenus, l'un à l'aide d'un quartz (référence WL) et les autres à l'aide de deux micas [clichés 2 et 3], avec diverses raies de référence correspondant à des stades successifs de la concentration en alcalins lourds. On y remarquera le spectre du tantale dû au filament et l'absence pratique de tungstène.

Le microphotogramme (*fig.* 4) montre six enregistrements à différentes hauteurs du cliché 2. Trois d'entre eux ont été superposés pour indiquer une première élimination des effets dus aux grains du film original (double émulsion, gros grains), ainsi que les apparences attribuables aux raies obliques blanches et noires spécifiques du cristal et du système réticulaire employés. De telles raies sont visibles sur le cliché 2 et plus encore sur le cliché 1. Pour les raies d'émission comme 87 $L\alpha_1$ les maxima correspon-

dants s'alignent sur une même verticale et coïncident pratiquement sur les enregistrements superposés.

Pour cet élément 87 j'ai proposé le nom de *moldavium* (Ml) en hommage à la Moldavie, province roumaine, marche avancée vers l'Est de la latinité.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Mésotons neutres et paires d'électrons.*

Note de M. **Jacques Solomon**, présentée par M. Paul Langevin.

Nous voudrions montrer ici que la théorie des forces nucléaires de G. Gamow et E. Teller ([1]), basée sur la considération des paires d'électrons et qui présente l'intérêt de donner lieu à une interaction directe entre protons (ou neutrons) et électrons [d'où en particulier l'explication ([2]) de l'effet Young ou anomalie du moment magnétique du proton dans l'atome d'hydrogène], est contenue en fait dans la théorie du mésoton neutre sous sa forme générale ([3]).

De même en effet que les mésotons positifs ou négatifs, dont la présence est démontrée dans le rayonnement cosmique, peuvent se désintégrer en un électron et un neutrino, les mésotons neutres (neutrettos), qui jouent un rôle essentiel dans l'explication des forces nucléaires, doivent pouvoir se désintégrer soit dans une paire d'électrons, soit dans une paire de neutrinos, processus compatibles tous deux avec les principes de conservation. Bornons-nous ici à considérer le premier processus.

Soient φ_α, $\chi_{\alpha\beta}$ ($\alpha = 1, 2, 3, 4$) les fonctions d'ondes (réelles) du mésoton neutre, μ sa masse au repos; soit d'autre part w, W ; s_α, S_α; $u_{\alpha\beta}$, $U_{\alpha\beta}$; $t_{\alpha\beta\gamma}$, $T_{\alpha\beta\gamma}$; $s_{\alpha\beta\gamma\delta}$, $S_{\alpha\beta\gamma\delta}$ respectivement les invariants, quadrivecteurs, tenseurs symétriques gauches, pseudo-vecteurs et pseudo-scalaires que l'on peut former à partir des fonctions d'onde ψ de l'électron et Ψ des particules lourdes (neutrons ou protons). Les équations de Proca s'écrivent alors

$$\frac{2\pi\mu c}{h}\chi_{\alpha\beta} - \gamma_2 U_{\alpha\beta} - \gamma'_2 u_{\alpha\beta} = \frac{\partial\varphi_\beta}{\partial x_\alpha} - \frac{\partial\varphi_\alpha}{\partial x_\beta}, \qquad \frac{\partial\chi^{\alpha\beta}}{\partial x_\alpha} = \frac{2\pi\mu c}{h}\varphi_\beta + \gamma_1 S_\beta + \gamma'_1 s_\beta.$$

([1]) *Phys. Rev.*, 51, 1937, p. 289; 53, 1938, p. 812.

([2]) *Phys. Rev.*, 53, 1938, p. 677 et 950; J. Solomon, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 179.

([3]) Par exemple F. J. Belinfante, *Theory of heavy quanta*, Leyde, 1939.

où les γ sont des constantes. Ceci conduit pour l'Hamiltonien d'où dérivent ces équations à une énergie d'interaction *directe* entre particules lourdes et électrons, qui prend la forme générale

$$H = \frac{g_0 g'_0}{hc} W w + \frac{g_1 g'_1}{hc} S_\alpha s^\alpha + \frac{g_2 g'_2}{hc} U_{\alpha\beta} u^{\alpha\beta} + \frac{g_3 g'_3}{hc} S_{\alpha\beta\gamma\delta} s^{\alpha\beta\gamma\delta} + \frac{g_4 g'_4}{hc} T_{\alpha\beta\gamma} t^{\alpha\beta\gamma}.$$

Ici les g_i et g'_i (dimensions d'une charge) se rapportent respectivement aux interactions neutron-mésoton et mésoton-électrons. Dans le cas d'un mésoton de Proca, seuls interviennent les deuxième et troisième termes. Le quatrième terme correspond à la théorie pseudo-scalaire du mésoton [(cas *d* de N. Kemmer] ([4]). Si l'on se limite à l'approximation non relativiste pour les particules lourdes, on obtient exactement l'interaction postulée par Bethe et Marshak ([2]). On en déduit immédiatement la nécessité de prendre en considération le terme pseudo-scalaire, puis la valeur des coefficients g'_i connaissant les g_i grâce à la théorie des forces nucléaires. On trouve ainsi que la constante sans dimensions $2\pi g'^2_i/hc$ est à peu près égale au carré de la constante de la structure fine α. La vie moyenne d'un mésoton neutre au repos serait donc de l'ordre de $5{,}5 . 10^{-19}$ sec. : ces particules seraient donc inobservables dans le rayonnement cosmique, mais suffisamment stables pour apparaître en tant qu'individualités dans les processus nucléaires. Cette stabilité est caractérisée par la longueur

$$\sqrt{\frac{2 g'^2_i}{hc}}\,\frac{h}{\mu c} = 5 . 10^{-15}\ \text{cm},$$

qui marque l'importance du *champ de paires* qui entoure de façon permanente un mésoton neutre.

Par ce champ de paires, le neutron ou le mésoton neutre, malgré leur absence de charge, peuvent entrer en interaction avec les champs extérieurs. Un mésoton neutre pourra ainsi posséder un moment magnétique (de l'ordre du quart de magnéton nucléaire de Bohr), deux mésotons neutres posséderont une énergie d'interaction mutuelle (distance caractéristique 10^{-15} cm).

Il ne paraît pas impossible alors que l'hypothèse de Bethe ([5]), d'après laquelle seuls les mésotons neutres interviennent dans les interactions nucléaires, puisse être mise en accord avec les données sur les moments

---

([4]) *Proc. Roy. Soc.*, 166, 1938, p. 127.
([5]) *Phys. Rev.*, 55, 1939, p. 1261.

magnétiques. Quant à la désintégration β proprement dite, elle s'expliquerait comme dans la théorie de G. Beck et K. Sitte [6] par l'absorption ultérieure d'un des deux électrons avec émission d'un neutrino. En tout cas les processus étudiés ici doivent jouer un rôle important dans l'interaction entre protons (ou neutrons) et électrons.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Une méthode de mesure de la vitesse de propagation des déflagrations.* Note de MM. **Raymond Zouckermann** et **Léon Heyberger**, présentée par M. Aimé Cotton.

Cette méthode a pour but de mesurer les vitesses de propagation des déflagrations, même dans le cas où la flamme est trop peu éclairante pour impressionner l'œil ou la plaque photographique.

Le mélange gazeux étudié est contenu dans un tube de verre ou de fer d'au moins 2^m de longueur et de 2 ou 5^{cm} de diamètre intérieur. Des bolomètres, constitués par quelques centimètres d'un fil fin de nickel ($0^{mm},04$ de diamètre) sont répartis le long du tube et montés en série sur une des branches d'un pont de Wheatstone. Une diagonale du pont est reliée à une source de courant alternatif à 500 périodes, modulée à 50 périodes. L'autre diagonale est reliée à un oscillographe enregistreur Dubois par l'intermédiaire d'un amplificateur convenable.

Un jeu de robinets permet de mettre le tube en relation, soit avec une pompe à vide, soit avec un réservoir contenant le mélange gazeux à étudier et avec un manomètre à mercure. L'allumage du mélange est obtenu avec l'étincelle d'une bobine d'induction.

Avant l'allumage, le pont étant presque complètement équilibré, l'oscillographe enregistre une courbe sinusoïdale de très faible amplitude et de 500 périodes par seconde. Après l'allumage, chaque fois que le front de la flamme atteint un des bolomètres, le pont est brusquement déséquilibré. La courbe enregistrée s'épanouit, son amplitude suivant instantanément les variations de température des bolomètres (*fig.* 1 et 2).

A l'aide de cette méthode, nous avons étudié la propagation de flammes, dans des mélanges d'hydrogène et d'oxygène saturés d'humidité, à l'intérieur de tubes en fer de 25^{mm} ou de 50^{mm} de diamètre intérieur, et pour des teneurs en hydrogène voisines de la teneur minimum permettant la propa-

---

(6) *Z. Physik*, 86, 1933, p. 105.

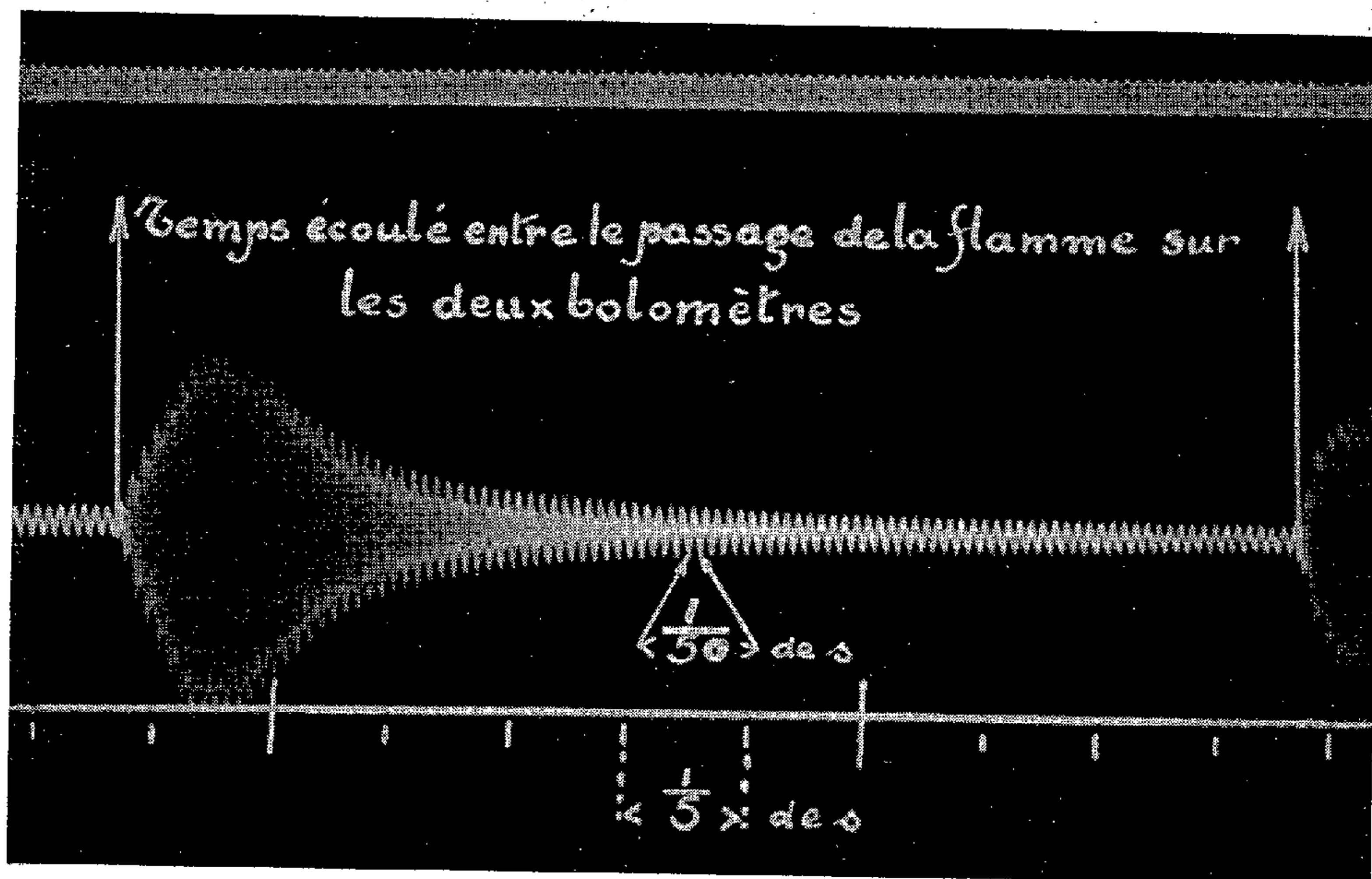


Fig. 1. — Mesure du temps écoulé entre les passages du front de flamme sur deux bolomètres consécutifs.

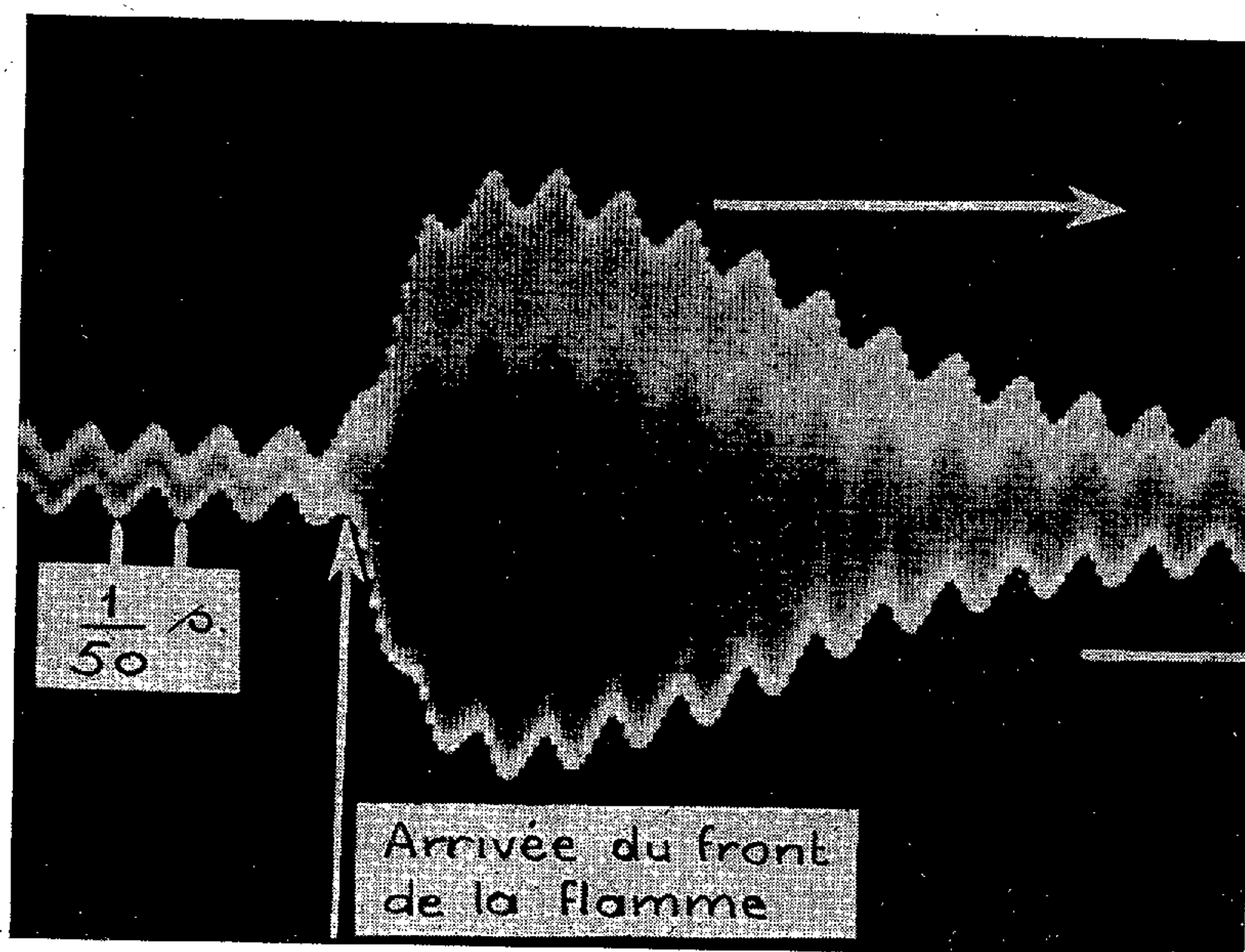


Fig. 2. — Agrandissement d'une partie du diagramme précédent permettant la lecture du 1/500e de seconde.

gation des déflagrations. Les résultats de cette étude sont résumés dans le tableau suivant qui montre que, dans les conditions de nos expériences :

1° La teneur minimum d'hydrogène est sensiblement indépendante du diamètre du tube;

2° La vitesse de propagation, au voisinage de la teneur minimum, croît avec la teneur en hydrogène et avec la section du tube.

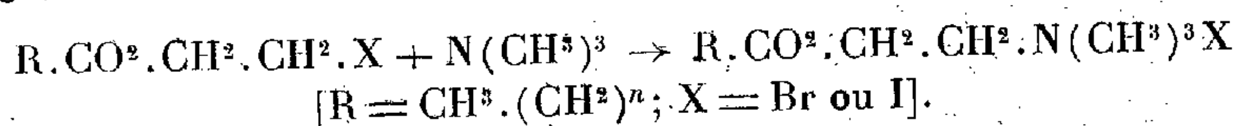
Position du tube (Nature de la propagation).	Teneur en hydrogène.	Vitesse de propagation (cm:sec).
Diam. intérieur du tube, 20mm.		
Horizontale...	7	([a])
	7,15	16
	7,5	17,3
	8,45	21,5
	9,4	26
Verticale (ascendante)...	4,2	([a])
	4,35	12
	7,5	14
	8,1	15
Verticale (descendante).	9,6	([a])
	9,8	26,5
	10,1	35

Position du tube (Nature de la propagation).	Teneur en hydrogène.	Vitesse de propagation (cm:sec).
Diam. intérieur du tube, 50mm.		
Horizontale...	7,0	([a])
	7,3	27
	8,7	29,5
Verticale (ascendante)...	4,1	([a])
	4,6	26
	5,8	42
	7,0	50
Verticale (descendante).	9,9	([a])
	10,1	(30) ([b])
	10,4	(35) ([b])

([a]) Pas d'inflammation; ([b]) La propagation verticale ascendante dans le tube de 50mm était rendue irrégulière par des phénomènes vibratoires dus à des réflexions aux extrémités du tube. Des observations analogues ont été signalées par divers expérimentateurs (Voir P. LAFFITTE, *La propagation des flammes dans les mélanges gazeux*, Paris, 1939).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Une synthèse des esters de la choline. Dimorphisme des termes supérieurs.* Note de M. **MAURICE LOURY**, présentée par M. Marcel Delépine.

La préparation des esters des sels halogénés de la choline s'effectue habituellement par action de la triméthylamine sur les esters de l'éthanol β halogéné

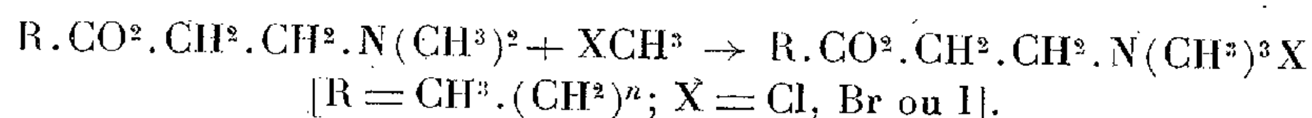


$$R.CO^2.CH^2.CH^2.X + N(CH^3)^3 \rightarrow R.CO^2.CH^2.CH^2.N(CH^3)^3X$$
$$[R = CH^3.(CH^2)^n;\ X = \text{Br ou I}].$$

Pour les termes supérieurs ($N \geqq 12$) la réaction se pratique en milieu benzénique à 100° et donne de bons résultats pour les iodures ([1]).

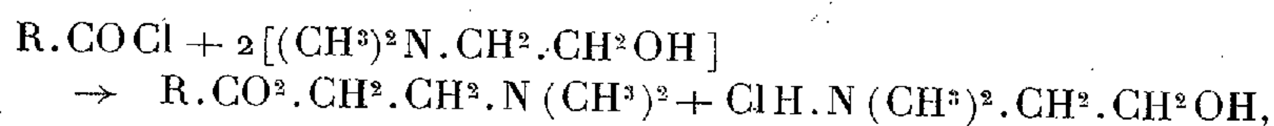
([1]) FOURNEAU et PAGE, *Bull. Soc. Chim.*, 15, 1914, p. 544.

Nous avons constaté qu'une synthèse commode des esters des sels halogénés de la choline peut s'effectuer par action des iodure, bromure, chlorure de méthyle sur les esters β-diméthyl-amino-éthyliques :



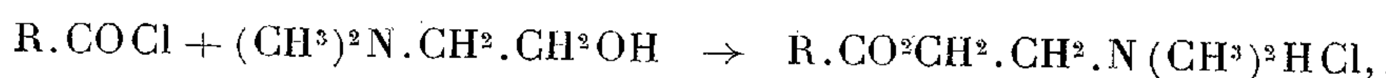
$$R.CO^2.CH^2.CH^2.N(CH^3)^2 + XCH^3 \rightarrow R.CO^2.CH^2.CH^2.N(CH^3)^3X$$
$$[R = CH^3.(CH^2)^n;\ X = Cl,\ Br\ ou\ I].$$

Ces esters amines ont, pour les termes supérieurs, l'aspect et les propriétés des matières grasses : le laurate et le palmitate de β-diméthylaminoéthyle sont des huiles incolores de P. É. 155° et 187° sous 3^{mm}. Le stéarate est une graisse blanche (P. É. 205° sous 3^{mm} de P. F. 25°). Ils sont, de plus, solubles dans l'eau acidulée avec laquelle ils moussent. On peut les préparer soit directement par action d'une molécule de chlorure d'acide sur deux molécules d'aminoéthanol dans l'éther anhydre glacé.



$$R.COCl + 2[(CH^3)^2N.CH^2.CH^2OH] \rightarrow R.CO^2.CH^2.CH^2.N(CH^3)^2 + ClH.N(CH^3)^2.CH^2.CH^2OH,$$

soit par l'isolement intermédiaire des chlorhydrates en n'employant qu'une seule molécule d'aminoéthanol (²) :



$$R.COCl + (CH^3)^2N.CH^2.CH^2OH \rightarrow R.CO^2CH^2.CH^2.N(CH^3)^2HCl,$$

et passer à l'ester amine libre par action ménagée de la potasse alcoolique ou de l'hydrate d'argent. On fait ensuite agir les iodure, bromure ou chlorure de méthyle en solution éthérée ou benzénique à température ordinaire (pour le chlorure il y a avantage à opérer vers 100°). Les rendements sont sensiblement quantitatifs. Les corps obtenus se présentent sous l'aspect de paillettes onctueuses d'un blanc nacré sans forme géométrique bien définie et n'ont pas de point de fusion net. Il est bien connu qu'il est difficile d'obtenir des cristaux uniques de dimensions appréciables de corps purs à chaîne longue en raison même de leur structure (³), la moindre impureté empêchant la cristallisation régulière; cependant ici nous sommes parvenu à obtenir de beaux cristaux et même à isoler dans certains cas deux formes cristallines : ainsi l'iodure de palmitylcholine (ester palmitique de l'iodure de choline) en solution alcoolique anhydre de concen-

---

(²) P. BARANGER, *Annales de Physiologie et de Physicochimie biologique*, 13, II, 1937, p. 341.

(³) Voir les travaux de Piper et de ses collaborateurs (*J. Chem. Soc.*, 1926, p. 2310), rapportés par M. MATHIEU, *Thèse*, 1936.

tration moyenne abandonnée quelques heures en glacière laisse déposer de beaux feuillets de forme losangique tandis qu'une solution très diluée au bout de plusieurs jours abandonne de belles tables rectangulaires transparentes. Comme le plus souvent on réalise des conditions intermédiaires, on observe la présence simultanée ([4]) des deux formes cristallines qu'on peut d'ailleurs trier. Dans le cas de l'iodure de laurylcholine, il n'y a pas coexistence des deux formes : les cristaux obtenus sont soit de forme losangique, soit des rectangles parfaits ou tronqués aux sommets opposés. L'iodure de stéarylcholine n'a par contre donné que la forme losangique. Tous ces cristaux losangiques ont un angle aigu de 52°30′ environ. Les bromures de lauryl et de palmitylcholine se présentent sous forme rectangulaire ou losangique, mais pour cette dernière, l'angle aigu caractéristique de la grande face est compris entre 37°5′ et 39°. Le bromure de stéarylcholine ne donne que la forme losangique. Il faut naturellement attribuer à la présence du reste ammonium quaternaire ionisable qui leur confère déjà la solubilité dans l'eau la faculté aux chaînes longues de se présenter en édifices cristallins bien formés. Ce dimorphisme cristallin est à rapprocher du polymorphisme de tous les composés à chaînes longues.

MINÉRALOGIE. — *Nouvelles observations sur l'analyse thermique différentielle de la kaolinite.* Note ([1]) de Mlle **S. Caillère** et M. **S. Hénin**.

Les caractéristiques de la courbe d'analyse thermique différentielle de la kaolinite obtenue à l'aide de l'appareil Saladin-Le Chatelier ont été indiquées par M. J. Orcel et l'un de nous ([2]). Dans ce travail il a été signalé que l'importance du phénomène exothermique, se produisant à 1000° environ, permettait de déterminer, avec une certaine approximation, la teneur en kaolinite d'un mélange d'argiles. Mais nous avons remarqué, en outre, que ce dégagement de chaleur observé à 1000° pouvait subir des variations assez importantes, suivant les échantillons étudiés. Il était donc

---

([4]) La naissance et la coexistence des deux formes peuvent s'expliquer ici par la faible vitesse de transformation des corps à chaînes longues que nous avons constatée par exemple pour les esters éthyliques (palmitate et stéarate) qui présentent également le dimorphisme (Smith, *J. Chem. Soc.*, 1931, p. 802).

([1]) Séance du 30 octobre 1939.

([2]) J. Orcel et S. Caillère, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 774.

intéressant de rechercher quelles pouvaient être les causes de ces variations, et dans la présente étude nous avons suivi, sur un échantillon de kaolinite du Djebel-Debar (Constantine), les changements résultant de son traitement par des solutions salines variées.

Influence de la fixation des ions sodium et du diamètre des particules. — Dans une première série d'essais, la kaolinite a été broyée, dispersée dans l'eau, floculée par l'acide chlorhydrique, dispersée par le chlorure de sodium puis floculée à nouveau par l'acide chlorhydrique. La prise d'essai a été séparée ainsi en deux fractions : l'une dont le diamètre des particules est inférieur à 2μ, l'autre dont le diamètre est supérieur à 2μ. Cette dernière fraction, résidu de l'extraction, a été décantée et dialysée et a donné une courbe dont le phénomène exothermique est environ trois fois plus important que celui de la courbe de cette kaolinite non traitée. Un phénomène exothermique aussi développé n'a jamais été observé par nous avec des kaolinites non traitées.

La partie fine, après floculation, a été divisée en deux parties : l'une a été traitée par le chlorure de sodium puis de nouveau floculée par l'acide chlorhydrique; le crochet exothermique de la courbe obtenue avec cette première fraction est un peu plus important que celui de la kaolinite intacte. La deuxième partie de la fraction fine traitée comme la première, puis par la soude, a donné un phénomène thermique double de celui de la première fraction.

Ces premiers essais montrent à la fois l'influence du degré de finesse des particules, et aussi celle de la fixation des ions Na, sur l'importance du phénomène exothermique de la kaolinite. Ces deux conditions dans lesquelles apparaissent les changements thermiques observés sont d'ailleurs étroitement liées entre elles comme l'ont montré récemment MM. L. Longchambon et J. Zajtmann [3].

Influence du métal fixé. — Éliminant l'influence de la dimension des particules, des bases différentes ont été fixées sur la partie inférieure à 2μ de cette kaolinite. Dans ce cas on a remarqué que les phénomènes exothermiques de la kaolinite ayant fixé Ca, ayant fixé K et ayant fixé Fe se trouvaient ainsi rangés par ordre décroissant. Il faut noter d'ailleurs que la kaolinite ayant adsorbé des ions Fe donne une courbe dans laquelle le phénomène exothermique est nettement inférieur à celui de la kaolinite non traitée.

---

(3) L. Longchambon et J. Zajtmann, *Bull. Soc. fr. Minér.*, 62, 1939, p. 6-88.

Toujours dans le but d'étudier l'influence de la base fixée il a été préparé, par l'un de nous, une autre série d'échantillons de kaolinite ayant fixé par échange de bases à partir du chlorure correspondant des ions Ca, Mg, K ou Na.

Le traitement de ces échantillons étant le même et s'étant effectué dans un milieu de $P_H 7$ sur des particules de même diamètre, il faut penser que les variations de la courbe thermique dépendent uniquement de la base fixée. Ces résultats sont vraisemblablement à rapprocher de ceux obtenus par M. L. Longchambon et démontrent que les phénomènes d'adsorption présentés par la kaolinite dépendent de la nature du cation fixé.

Variation du phénomène exothermique avec la quantité de base fixée. — L'un de nous enfin a préparé des échantillons ayant fixé des quantités variables de base : 1, 5, 50 milliéquivalents de Na et de même 1, 5, 50 milliéquivalents de K.

Les courbes obtenues avec de tels échantillons ont montré que le phénomène exothermique subissait un affaiblissement à mesure que la base était fixée en plus grande quantité. D'autre part, parmi ces échantillons certains ont été dialysés, après fixation de la base et ont montré un phénomène exothermique mieux développé que l'échantillon non dialysé.

Influence du mode de fixation du métal. — Une autre série d'échantillons a été préparée par traitement au chlorure de calcium ou au carbonate de sodium; les kaolinites — Ca et — Na ainsi obtenues ont donné des courbes présentant un phénomène exothermique beaucoup moins bien développé que celles correspondantes de la série précédente, et surtout de la première série où les bases avaient été fixées différemment. Il y aurait lieu d'essayer de préciser par la suite l'influence du milieu.

En résumé, ces quelques résultats permettent de saisir l'influence du diamètre des particules argileuses, du métal fixé et de la manière dont a été faite cette fixation sur l'allure de la courbe thermique différentielle. Il est intéressant de noter l'action catalysante positive ou négative de certains éléments sur les phénomènes de recristallisation de la kaolinite et d'établir l'analogie avec ce que l'un de nous a déjà pu mettre en évidence au cours d'une étude sur les minéraux du groupe de l'antigorite ([1]).

([1]) S. Caillère, *Bull. Soc. fr. Minér.*, 59, 1936, p. 163-326.

STRATIGRAPHIE. — *Importance des remaniements en stratigraphie.* Note (¹) de M. **Antoine Bonte**, transmise par M. Charles Jacob.

M. Cayeux a maintes fois attiré l'attention sur les phénomènes de remise en mouvement des sédiments. J'ai, moi-même, signalé à plusieurs reprises des remaniements importants dans le Toarcien, le Callovien et l'Oxfordien; les cas de reprises de formations antérieures abondent aussi dans l'Aalénien et, de manière plus générale, dans les minerais de fer oolithiques. On peut en outre relever dans la bibliographie de nombreux exemples de remises en mouvement; un cas qui paraît bien typique est celui du Crétacé de Salinas (Angola), dans lequel [d'après H. Douvillé (²)] une couche de $0^m,40$ renferme des Ammonites de plusieurs niveaux allant du Barrémien au Turonien.

Tous les faits précédents semblent pouvoir s'expliquer par des démantèlements d'assises préexistantes, avec préparation mécanique des éléments remis en circulation.

Au Jurassique et au Crétacé, pour l'étude de tels phénomènes, les Ammonites sont les fossiles de choix, grâce à leur valeur stratigraphique et à leur mode de conservation. Pour distinguer les Ammonites remaniées de celles qui ne le sont pas, il faut tenir compte des deux processus suivants de fossilisation.

1. *Remplissage mécanique simple.* — Les vides de la coquille sont plus ou moins parfaitement comblés par le sédiment qui se dépose avec elle; c'est le cas de la fossilisation normale.

Mais le remplissage originel, au cours des reprises, a pu être enlevé partiellement et remplacé par un autre. Entre la fossilisation sur place et le double remaniement (cas extrêmes), il existe de nombreux intermédiaires, grâce au jeu des facteurs suivants : nature de la gangue, du remplissage de la chambre d'habitation et du remplissage des loges, présence du test (intact, dissous ou substitué), absence du test.

Généralement les fossiles remaniés ont un remplissage différent de la gangue; quand, au contraire, gangue et remplissage sont identiques, la disparition du test, par usure, dans les parties saillantes, est l'indice du remaniement.

La fixation des fossiles incrustants sur les moulages internes est un caractère tout à fait banal des Ammonites remaniées. Beaucoup plus intéressants sont les témoins d'un

(¹) Séance du 30 octobre 1939.
(²) *Bol. Mus. Mineral. Geol. Fac. Scienc. Lisboa,* 1, 1928.

premier remplissage délavé avant consolidation, observés, dans la chambre d'habitation, au fond des lobes de la dernière cloison ou dans la partie superficielle des côtes.

2. *Remplissage mécanique avec imprégnation par une substance colloïdale* (phosphate de chaux, silicate d'alumine, oxyde de fer etc.). — Les Ammonites fossilisées de cette manière sont, en outre, débordées par la substance d'imprégnation, qui donne ainsi naissance à des nodules; dès lors, gangue et remplissage sont identiques.

Au cours des remaniements, les éléments imprégnés sont roulés, caractère difficilement observable; mais, à l'intérieur des nodules, les Ammonites sont admirablement conservées, avec leur test nacré; elles sont, au contraire, usées dans les parties où elles débordent de la surface. Caractère essentiel, la texture des nodules remaniés abstraction faite de l'imprégnation, est différente de celle du sédiment encaissant.

Lors des reprises, les éléments sont dégagés de leur gangue originelle et les ruptures se produisent au niveau des discontinuités : emplacement du test ou surface des nodules.

Les conclusions qui ressortent de ces observations sont nombreuses :

1° Les phénomènes de concentration mécanique, consécutifs à des remaniements, semblent avoir joué, en bordure des bassins sédimentaires, un rôle très important. En conséquence, la stratigraphie détaillée ne peut se faire, *de façon rigoureuse*, que dans des régions à sédimentation continue et dépourvues de couches noduleuses, de cordons phosphatés et de minerais de fer.

2° On peut considérer comme vraisemblablement *en place* les fossiles épars dans une assise, quand leur remplissage est de même nature que la roche encaissante. Pour les fossiles conservés par imprégnation, il faut considérer comme sédiment encaissant, non pas la gangue du fossile, mais l'enrobage de la concrétion; la texture de cet enrobage doit être identique, à l'imprégnation près, à celle du nodule.

3° Au contraire, on doit utiliser avec prudence les couches à aspect noduleux, très fossilifères, puisque les fossiles sont à l'origine des nodules, sous une faible épaisseur. Ce sont souvent des concentrations dues à des remaniements; la reprise peut avoir été locale et ne pas porter à conséquence, mais ce faciès conglomératique est le lieu d'élection des mélanges de faunes.

4° L'âge des gisements où les mélanges de faunes ont été constatés doit être remis en question; il est au maximum celui des fossiles les plus récents. Les couches remaniées ne peuvent être datées, de façon rigoureuse, que par les fossiles conservés intacts dans le dernier sédiment.

5° M. Cayeux a établi de façon indiscutable qu'un minerai de fer sédimentaire doit être considéré en stratigraphie comme un ancien gravier. Je

crois pouvoir affirmer qu'une couche noduleuse, dans la mesure où elle est formée par le triage mécanique des éléments de couches démantelées, doit être envisagée comme un conglomérat. Cette notion pourra sans doute expliquer beaucoup de prétendues anomalies stratigraphiques.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Étude statistique du cycle undécennal de la composante semi-diurne de la déclinaison magnétique.* Note (1) de M. et Mme **Henri Labrouste**, présentée par M. Charles Maurain.

La composante semi-diurne de la déclinaison magnétique des jours calmes présente, comme la composante diurne, un cycle undécennal affectant son amplitude et sa phase. Son étude a été faite parallèlement à celle de la composante diurne, et les valeurs de l'amplitude et de la phase sont respectivement représentées par les figures 1 et 2, analogues aux figures correspondantes d'une précédente Note (1) relative à la composante diurne.

Amplitude semi-diurne. — Dans l'ensemble, on retrouve sur la figure 1 une variation parallèle de l'amplitude de l'oscillation undécennale et de la valeur moyenne autour de laquelle se produit cette oscillation. Les valeurs moyennes de l'amplitude semi-diurne se classent à peu près suivant les latitudes géomagnétiques, comme l'indique l'ordre des courbes, jusque vers 50°; mais, au delà, des interversions importantes montrent des valeurs moyennes plus faibles correspondant à des latitudes plus élevées. L'analyse effectuée sur ces graphiques conduit à des conclusions analogues quant à la valeur des amplitudes undécennales.

Composante undécennale de l'amplitude semi-diurne. — Elle est représentée sur la figure 3 en même temps que la composante undécennale solaire; chacune des courbes a été obtenue à l'aide de la combinaison $s_2 s_3$ sur les ordonnées du graphique correspondant de la figure 1. On constate que les courbes magnétiques sont généralement en phase avec celle de l'activité solaire; toutefois certaines d'entre elles présentent un retard de phase appréciable, notamment celles des stations américaines (Agincourt, Cheltenham, Tucson).

Phase semi-diurne. — L'oscillation undécennale apparaît moins nettement sur les courbes relatives à la phase semi-diurne (*fig.* 2) que sur celles

(1) Séance du 30 octobre 1939.

(2) *Comptes rendus*, **209**, 1939, p. 565.

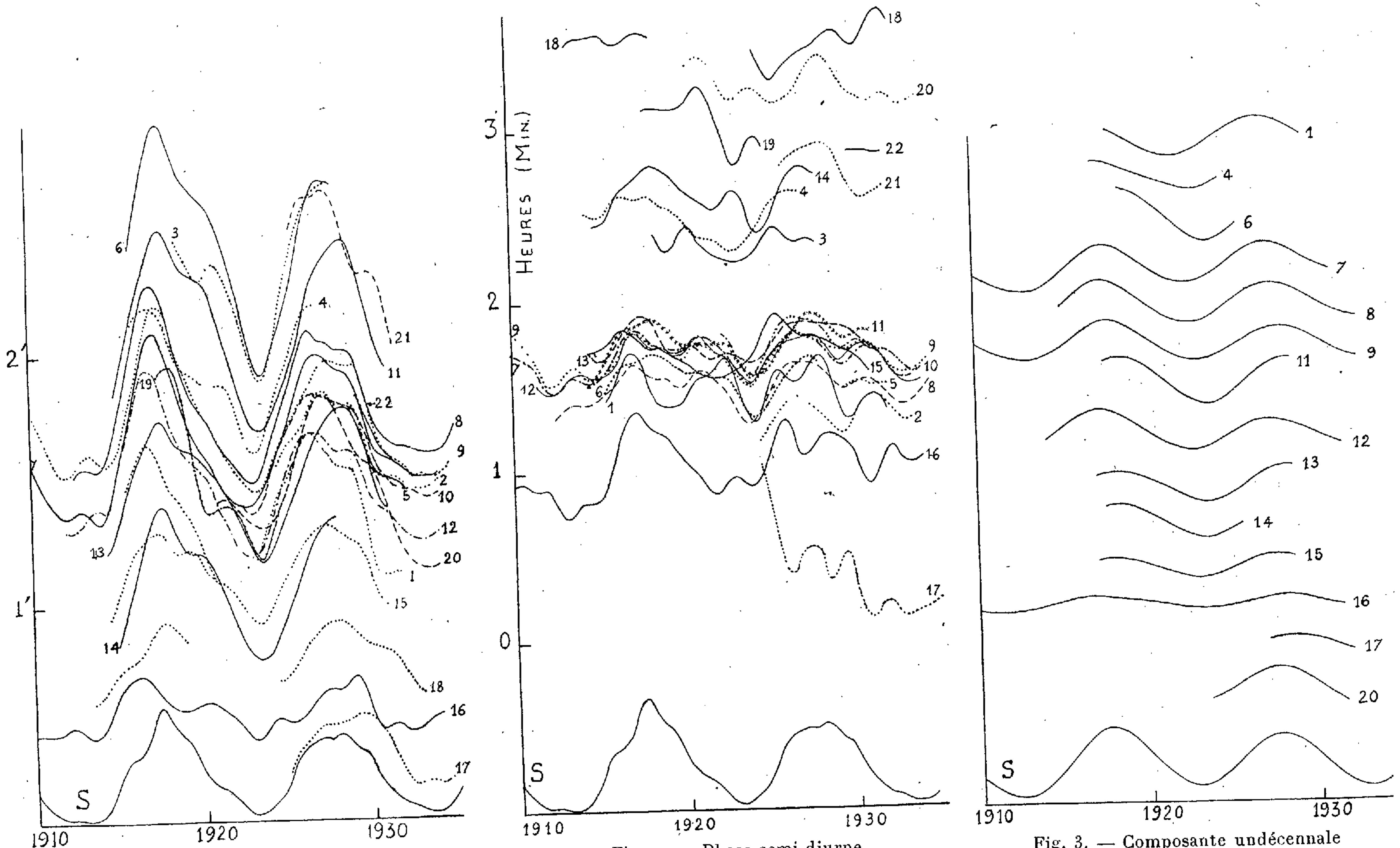


Fig. 1. — Amplitude semi-diurne.

Fig. 2. — Phase semi-diurne (heure du min. en temps local).

Fig. 3. — Composante undécennale de l'amplitude semi-diurne.

1, Sodankylä (+ 64°); 2, Lerwick (+ 63°); 3, Meanook (+ 62°); 4, Sitka (+ 60°); 5, Lovö (+ 58°); 6, Agincourt (+ 55°); 7, Greenwich (+ 54°); 8, De Bilt (+ 54°); 9, Val-Joyeux (+ 51°); 10, Swider (+ 51°); 11, Cheltenham (+ 50°); 12, Ebro (+ 44°); 13, Tucson (+ 40°); 14, Vieques (+ 30°); 15, Honolulu (+ 21°); 16, Alibag (+ 10°); 17, Huancayo (0°); 18, Apia (— 16°); 19, Mauritius (— 27°); 20, Watheroo (— 42°); 21, Melbourne (— 47°); 22, Christchurch (— 48°).

de la phase diurne, mais l'analyse montre que, dans la plupart des stations, la composante de 11 ans est sensiblement en phase avec celle de l'activité solaire ou présente par rapport à elle un certain retard; elle n'apparaît pas dans les courbes relatives à Sodankylä et à Lerwick.

LITHOLOGIE. — *Observations nouvelles sur le mécanisme de dolomitisation des sédiments calcaires.* Note de M. A. **Rivière**, présentée par M. Lucien Cayeux.

J'ai montré [1] que l'eau de mer filtrée, laissée en contact prolongé avec du carbonate de calcium pulvérulent, perd une quantité de Mg près de dix fois supérieure à celle qui aurait pu être déduite du seul abaissement de la réserve alcaline. Cet abaissement est notablement plus grand et rapide lorsque le pH est maintenu à une valeur élevée par un courant d'air privé de gaz carbonique; dans ce cas encore, compte tenu de la concentration provoquée par évaporation, la perte de Mg de l'eau de mer est un peu plus de dix fois supérieure à celle que l'on pourrait déduire de la diminution de la réserve alcaline (0,015 at-g par litre au lieu de 0,0013 dans une expérience).

Ces nombres paraissent indiquer qu'en présence d'un excès de CO^3Ca, une partie du magnésium de l'eau de mer se fixe sur le carbonate (probablement sous forme de carbonate double, mais peut-être simplement par adsorption) et est en grande partie remplacée par du calcium, par voie de double échange et par dissolution du CO^3Ca, la réaction étant rapidement arrêtée par abaissement du pH, lorsque le CO^2 dégagé lors de la diminution de la réserve alcaline n'est pas éliminé. Ces phénomènes sont d'ailleurs très lents et l'équilibre apparent n'est atteint qu'au bout de plusieurs jours (certaines expériences ont été prolongées plus d'un mois). Selon toute vraisemblance, ce sont des actions de surface : elles sont d'autant plus actives que le carbonate de chaux est plus finement pulvérulent ou poreux. Enfin, le phénomène s'accentue dans les eaux de mer dont la concentration saline est supérieure à la normale.

L'ensemble des résultats expérimentaux exposés ici, ainsi que dans ma Note précédente [1], jette une clarté nouvelle sur la dolomitisation des sédiments calcaires.

---

(1) *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 597.

Dans les sédiments calcaires se déposant sur des fonds calmes et jamais émergés, l'eau d'imprégnation ne peut circuler que lentement et ne se renouvelle que peu ou pas. Elle ne peut donc abandonner au sédiment qu'une proportion infime de Mg, d'autant plus que l'abaissement du pH (provoqué par les actions biologiques) s'oppose au phénomène. En fait, la teneur en Mg de ces sédiments (ou des calcaires en dérivant) est généralement basse.

Dans les zones plus littorales, où les marées et les vagues provoquent une agitation des dépôts superficiels, l'eau d'imprégnation est renouvelée, le pH reste supérieur à la valeur limite (7,4 à 7,5) et le double échange peut se produire dans des conditions voisines de celles constatées expérimentalement. Le sédiment s'enrichit progressivement en Mg, mais l'action est limitée par la finesse du grain (ou la porosité). Ainsi s'explique l'enrichissement en CO^3Mg de certains sables calcaires des plages des Bahamas (jusqu'à 17 %), celui des coraux morts (explication prévue par Murray), et notamment l'extraordinaire dolomitisation de certains récifs soulevés des rivages de la Mer Rouge, pour lesquels la dolomitisation atteint 30 à 40 %. Dans ce dernier cas, le phénomène a dû s'intensifier pendant le soulèvement de la côte, alors que les coraux n'étaient plus soumis qu'à l'action des eaux les plus superficielles, violemment agitées et aérées, ainsi qu'à celle des embruns. La haute concentration saline des eaux de la Mer Rouge et l'élévation du pH due à la photosynthèse des Algues ont sans doute favorisé ces actions.

Enfin, on a souvent noté sur les fonds riches en Algues, et notamment dans certains lagons, une élévation du pH allant jusqu'à 9 (et plus), pendant les heures d'insolation, cette alcalinisation étant due à la destruction du CO^2 libre et de celui des bicarbonates par la photosynthèse. Ce sont là des conditions extrêmement favorables à la fixation de Mg sur le calcaire et, en particulier, la richesse en CO^3Mg du stroma de certaines Algues calcaires est peut-être liée à des phénomènes de cet ordre.

Il est probable que des considérations analogues permettraient d'expliquer les irrégularités de la dolomitisation de beaucoup de séries calcaires, en particulier, peut-être, de celle du sondage de Funafuti. Toutefois, si les conclusions que l'on peut tirer des expériences exposées ici paraissent devoir s'appliquer au cas très fréquent de sédiments calcaires dolomitisés peu de temps après leur dépôt, elles ne me paraissent pas devoir s'étendre à certaines dolomies, souvent riches en matières organiques, pour lesquelles on admet une formation directe en milieu réducteur anaérobie.

GÉOLOGIE. — *La base des écailles briançonnaises et la série subbriançonnaise dans la chaîne de Montbrison.* Note (1) de M. **Jean Goguel**, présentée par M. François Grandjean.

On sait qu'en amont de Largentière, la Durance creuse ses gorges dans les marbres en plaquettes de la zone subbriançonnaise, sur laquelle repose au moins le bord de la masse du Houiller briançonnais, avec interposition de klippes très variées (par exemple, autour de Bouchiers). La vallée de la Gyronde, dont le fond atteint également les terrains subbriançonnais, coupe la chaîne de Montbrison au sud de la Tête d'Aval, et y montre une structure assez complexe. En montant des Vigneaux vers le sommet de la Tête d'Amont, on trouve successivement, au-dessus des marbres en plaquettes, quelques lambeaux de quartzites, une bande calcaire triasique, continue depuis le Grand Parcher jusqu'au pied de la Croix de Salcette, et des schistes et calcaires du Dogger, constituant ce que nous appellerons l'écaille de Parapin. Cette écaille s'étire-t-elle au voisinage de la Croix de Salcette, et doit-elle être considérée comme une des klippes de base de la série briançonnaise, de dimensions exceptionnellement élevées? nous n'avons pas eu le temps de faire la course qui aurait permis de préciser ce point. Si, au contraire, on interprétait la Croix de Salcette comme une fenêtre anticlinale, on devrait raccorder cette série à celle de Parapin. On aurait alors trois séries briançonnaises superposées, écaille de Parapin-Salcette, deuxième écaille, troisième écaille, les racines de ces deux dernières ayant été enlevées par l'érosion dans la vallée de la Durance. On voit mal comment ces unités pourraient se raccorder à celles connues au Sud ou au Sud-Est.

Pour en revenir à la coupe de la Tête d'Amont, au-dessus de l'écaille de Parapin, on trouve une immense falaise de calcaire triasique, terminée vers l'Ouest par une charnière frontale. A l'Est, les bancs se redressent et sont tranchés obliquement par une surface horizontale sur laquelle repose une grande masse de gypse triasique. Toujours au-dessus de cette grande falaise, à ce gypse succèdent vers l'Ouest des bancs de calcaire triasique, à peu près verticaux, ondulés, puis une assez grande épaisseur de Dogger, constituant en particulier le sommet de la Tête d'Aval. On trouve enfin

(1) Séance du 23 octobre 1939.

quelques bancs de Malm, à bandes siliceuses, au sommet du deuxième couloir à l'ouest de la Tête d'Aval. Un peu plus au Nord, le calcaire triasique de la Tête d'Amont repose sur cet ensemble.

La série de la Tête d'Aval est séparée par une faille verticale de celle, très analogue, de la crête Tête d'Amont-Tenailles, et poussée d'un kilomètre plus à l'Ouest. Malgré ce décrochement, il n'y a pas lieu de distinguer ces deux séries. Tout se passe comme si le panneau de la Tête d'Aval avait été décalé d'un kilomètre, à la fois par rapport à la grande falaise sur laquelle il repose, et dont il représenterait le prolongement redressé, puis coupé, et par rapport à la crête Tête d'Amont-Tenailles, qui lui fait suite vers le Nord. Cette dernière crête montre une série de plis couchés vers l'Ouest dans le Dogger, avec marbres en plaquettes pincés. Nous désignerons tout cet ensemble sous le nom de deuxième écaille (*sensu stricto*).

Sur le versant ouest de la chaîne de Montbrison, Termier avait décrit une série de replis synclinaux des calcaires triasiques de la troisième écaille, au milieu des marbres en plaquettes de la deuxième écaille (*sensu lato*). Nos levés nous ont conduit à ne rapporter que les parties les plus élevées de la chaîne à la troisième écaille, qui repose, à l'Ouest, sur les marbres en plaquettes ou parfois le Dogger de la deuxième écaille. Le calcaire triasique de cette deuxième écaille, prolongement de la grande falaise qui domine la Gyronde, forme tout le pied du versant ouest de la Tête d'Amont, l'écaille de Parapin ne se prolongeant pas. Elle dessine, au pied du Sablier, une barre très distincte, qui détermine la grande cascade de la Pissette. Localement redoublée par de petites failles Nord-Ouest, au nord de la cascade, et par une faille Nord-Nord-Est plus importante sur la rive gauche du ravin de Foun de Véous, cette barre disparaît sous la masse du Sablier, pour réapparaître localement entre celui-ci et la Condamine. Cette barre est constamment surmontée par les schistes du Dogger, surmontés eux-mêmes par les marbres en plaquettes.

Il y a tout lieu de rapporter également à la deuxième écaille un synclinal de calcaire triasique, avec axe de schistes du Dogger, qui se trouve beaucoup plus bas sur le versant, et repose directement sur les marbres en plaquettes subbriançonnais de Vallouise. On pourrait s'attendre à retrouver ces mêmes marbres en plaquettes, à la faveur des replis anticlinaux, entre ce synclinal et la barre de la cascade; mais, au seul point où les éboulis permettent l'observation, on trouve des calcaires analogues à ceux du Dogger, des brèches à ciment rouge, et des marbres en plaquettes très colorés et très peu épais, ensemble typiquement briançonnais qui appar-

tient peut-être à une petite écaille locale. Par contre, dans le ravin de Foun de Véous, on trouve, sous un repli anticlinal de calcaire triasique, des marbres en plaquettes subbriançonnais typiques.

Plus au Nord, le dernier témoin de la deuxième écaille se trouve dans un vallon à l'Ouest du sommet de la Condamine. Sous le calcaire triasique, affecté de vigoureux replis frontaux à Bas-Morand, affleurent des marbres en plaquettes et un Malm gris à bandes siliceuses, qui ne peut appartenir qu'à la deuxième écaille. Par analogie, les lambeaux de marbres en plaquettes décrits par Termier dans le cirque de Croussagne appartiennent sans doute à la deuxième écaille plutôt qu'à la série subbriançonnaise.

On retrouve donc, sur le versant Ouest de la chaîne, au-dessus de Vallouise, les deux écailles briançonnaises distinguées sur le versant Est. Avec quelques petites écailles limitées à leur base, elles reposent sur la série subbriançonnaise.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Sur l'aurore boréale du 13 octobre 1939.* Note [1] de M. **Pierre Bonnal**, présentée par M. Charles Maurain.

Dans la soirée du 13 octobre 1939, entre 22^h et $22^h 15^m$ (heure civile), j'ai observé une aurore boréale, dans les conditions suivantes :

Mon attention était soudainement attirée par une assez vive coloration rouge orangé rappelant celle du néon, qui illuminait le ciel au Nord.

La pluie venait de cesser, les nuages se dissipaient rapidement, bientôt le ciel était presque complètement dégagé.

Le phénomène, qui, sans doute, avait débuté avant 22^h, se précisait maintenant à mon observation, et je pouvais, dès lors, suivre son évolution. C'est ainsi que tout d'abord j'en pouvais approximativement mesurer l'amplitude. D'après mon estimation, celle-ci pouvait être d'une trentaine de degrés aussi bien en hauteur qu'en azimut (estimation assez exacte, je pense, en raison de mon entraînement dans la mesure apparente du rayon des halos, celui de 22° en particulier).

En forme d'éventail, cantonnée au Nord jusque $22^h 10^m$, la lueur s'étendit ensuite brusquement en hauteur jusque près du zénith, puis vers le Nord-Ouest en modifiant sa structure; l'aspect de l'écran lumineux se transformait de celui d'un éventail à bords diffus en de longues stries.

---

(1) Séance du 23 octobre 1939.

De durée très courte, quelques secondes, le phénomène, dans ce dernier aspect, s'éteignit presque complètement pour faire place à une nouvelle lueur assez vive d'un blanc verdâtre, très limitée en hauteur, une sorte de bande mince qui bordait l'horizon, du Nord à l'Ouest et sur laquelle se dessinait étrangement dans ces régions la silhouette des maisons, tandis que partout ailleurs régnait l'obscurité complète; il était environ $22^h 15^m$.

Peu après, le ciel était de nouveau complètement couvert.

Remarque de M. **Charles Maurain** *au sujet de la Note précédente.*

En même temps que l'aurore boréale observée par M. Bonnal, s'est produite une forte perturbation magnétique, qui a commencé dans la matinée du 13 octobre, et au cours de laquelle les éléments magnétiques ont éprouvé des variations dont l'amplitude a atteint 45′ pour la déclinaison, 315 γ pour la composante horizontale et 110 γ pour la composante verticale.

BOTANIQUE. — *Conséquences génétiques et phylétiques du croisement de deux Graminées*. Note de M. **Antoine de Cugnac**, présentée par M. Marin Molliard.

J'ai annoncé (¹) la reconstitution expérimentale, à partir du croisement de deux espèces de *Bromus*, d'une variété éteinte de l'une de ces espèces : *B. arduennensis* var. *villosus* (Strail) Crép. Mais là ne se borne pas l'intérêt de ce croisement, qui m'a permis en outre de reconstituer une variété de l'autre parent, celle-là toujours existante à l'état spontané, *B. grossus* var. *nitidus* (Dmrt.) A. de C. et A. Camus (²); et les données obtenues me paraissent maintenant suffisantes pour envisager ces résultats sous le double aspect de leurs conséquences génétiques et phylétiques.

Au point de vue génétique, les deux espèces combinées, *B. arduennensis* Dmrt. (forme typique, glabre) et *B. grossus* var. *velutinus* (Schrad.) A. de C. et A. Camus (²), se présentent comme différant seulement par deux couples de facteurs héréditaires, les deux gènes dominants appartenant à

(¹) *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 61.
(²) A. de Cugnac et A. Camus, *Bull. Soc. bot. Fr.*, 83, 1936, p. 47.

B. grossus velutinus, et les gènes correspondants de *B. arduennensis* étant récessifs. A vrai dire, tout un ensemble de caractères les séparent, et distinguent *B. arduennensis* non seulement de *B. grossus*, mais de tous les autres Bromes [3]; mais leur transmission héréditaire s'effectue en un bloc solidaire, sauf pour l'indument, c'est-à-dire l'état velu ou glabre des organes floraux, qui constitue une unité génétique indépendante, formant en seconde génération de nouvelles combinaisons.

Les résultats, identiques pour les deux croisements réciproques, *B. arduennensis* ♀ × *grossus velutinus* ♂ (I) ou *B. grossus velutinus* ♀ × *arduennensis* ♂ (II), sont les suivants :

En F_1, tous les individus sont semblables à *B. grossus velutinus*, entièrement dominant;

En F_2, la disjonction suit le schéma des dihybrides, avec les résultats ci-dessous.

	Nombre des individus de chaque type.		Nombres théoriques.	Constitution génétique (phénotypes).
Croisement.....	I.	II.		
B. grossus velutinus.............	11	8	9	AABB
B. grossus nitidus...............	2	3	3	AA*bb*
B. arduennensis villosus.........	2	2	3	*aa*BB
B. arduennensis typique.........	0	0	1	*aabb*
Nombre total correspondant...	15	13	16	

On remarquera l'accord étroit des nombres observés avec ceux que prévoient les règles génétiques pour les dihybrides; seul le *B. arduennensis* typique n'a pas été rencontré dans cette expérience, ce qui tient évidemment au nombre restreint d'individus développés. On voit aussi qu'il ne se produit pas d'autres combinaisons intermédiaires; tout se passe comme si les deux espèces ne différaient que par deux couples de gènes : A (pas d'oreillettes, arête unique etc.), *a* (oreillettes, triple arête etc.); B (organes floraux velus), *b* (glabres), dont les diverses combinaisons indiquées correspondent aux espèces typiques et à leurs variétés.

Au point de vue phylétique, on voit que ces résultats font ressortir une

---

(3) Je rappellerai seulement les deux plus frappants de ces caractères : les oreillettes latérales, à mi-hauteur des glumelles inférieures, d'une part, et les trois arêtes au sommet des mêmes glumelles, d'autre part, chez *B. arduennensis*; tandis que *B. grossus* comme tous les autres Bromes, n'a pas d'oreillettes et ne possède qu'une arête simple.

affinité très proche entre *B. grossus* et *B. arduennensis*, en dépit des différences morphologiques considérables qui ont conduit beaucoup d'auteurs à faire du second le type d'un genre distinct, ou au moins d'une section particulière du genre *Bromus* : *Michelaria* Dmrt. (= *Libertia* Lej.). Mais la subdivision du genre devra elle-même être remaniée, car comme l'a montré autrefois Dumortier [4], la section (ou le genre) *Serrafalcus* Parl. où se range *B. grossus*, au voisinage de *B. secalinus* L., ne saurait être étendue de façon à inclure *B. arduennensis* qu'en englobant du même coup tous les *Eubromus* Husn. (*B. sterilis* L. etc.), si l'on ne se base que sur les caractères morphologiques jusqu'ici envisagés pour définir ces diverses subdivisions. Une nouvelle étude des caractères utilisables à cet effet paraît donc s'imposer.

D'autre part, la position relative des deux variétés de *B. grossus* Desf. *ex* DC. peut être désormais précisée : la var. *velutinus* constituant la forme typique de l'espèce, en accord avec sa définition originale par de Candolle, et la var. *nitidus* ne devant être admise qu'au rang de variété [5]. On sait que l'opinion inverse avait été professée par Koch, suivi par de nombreux botanistes, et qu'il en était résulté une confusion synonymique inextricable, entraînant la méconnaissance ou la suppression, dans la plupart des Flores modernes, de la notion même de *B. grossus* [2]. Il s'agit cependant d'une espèce bien distincte, et qui présente un intérêt tout particulier à cause de sa liaison constante avec la culture du Blé Épeautre, *Tricitum Spelta* L.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Oxalidacées. Développement de l'embryon chez l'*Oxalis corniculata *L.* Note [1] de M. **René Souèges**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

Les processus des divisions chez l'*Oxalis corniculata* sont particulièrement réguliers. On peut, chez cette plante, suivre avec la plus grande précision, la marche de la segmentation à toutes les étapes du développement.

Les règles qui président à la construction de la tétrade (*fig.* 2), du proembryon octocellulaire (*fig.* 3 et 4) et du proembryon à seize cellules (*fig.* 5 et 6), celles qui

---

(4) *Bull. Soc. Bot. Belg.*, 7, 1868, p. 55.

(5) Cette variété est d'ailleurs parfaitement stable, de même que la var. *villosus* de *B. arduennensis*, que Strail a cultivée pendant quinze ans sans variations.

(1) Séance du 23 octobre 1939.

plus tard gouvernent les processus des divisions dans les huit éléments dont se compose l'étage supérieur de ce proembryon hexadécacellulaire sont semblables aux règles du développement qui ont été exposées au sujet des Composées ([2]).

Les quatre cellules circumaxiales de l'étage *m* du proembryon à seize cellules (*fig.* 6) se segmentent verticalement et donnent extérieurement naissance au dermatogène (*fig.* 7 et 8); dans les quatre cellules intérieures s'établissent, de manière très constante, des cloisons transversales (*fig.* 9 et 10) qui séparent inférieurement les

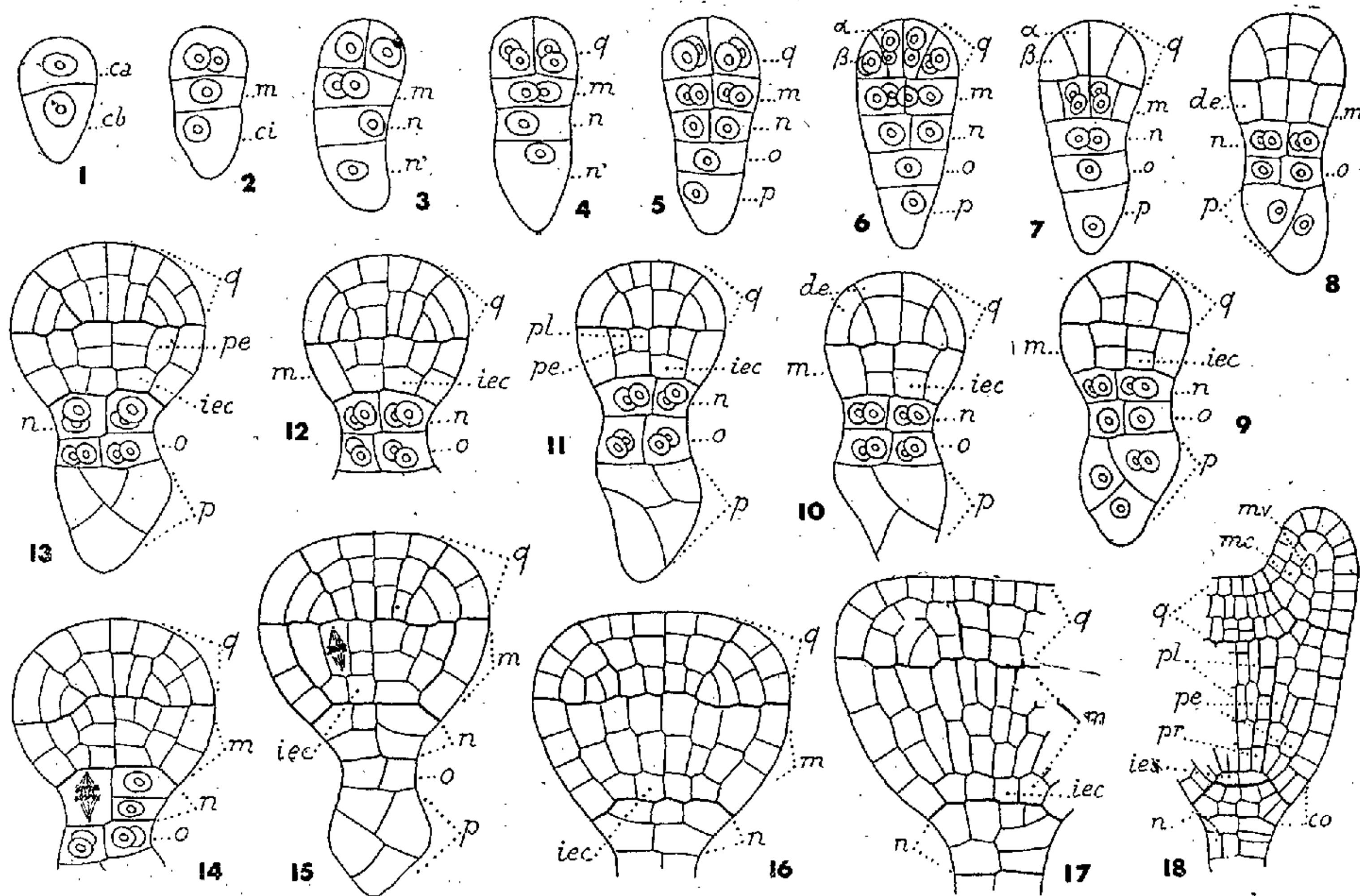


Fig. 1 à 18. — *Oxalis corniculata* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m*, cellule intermédiaire, et *ci*, cellule inférieure de la tétrade; *q*, quadrants; α et β, cellules filles du quadrant; *n* et *n'*, cellules filles de *ci*; *o* et *p*, cellules filles de *n'*; *de*, dermatogène; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *pr*, péricycle; *iec*, initiales de l'écorce au sommet radiculaire; *mv*, méristème vasculaire, et *mc*, méristème cortical des cotylédons; *co*, coiffe. G. = 350.

initiales de l'écorce de la racine, *iec*, et, vers le haut, des éléments qui, par divisions verticales, donnent les premiers éléments de périblème et de plérome (*fig.* 11). Les cellules de plérome se segmentent longitudinalement et transversalement, ou inversement, d'abord transversalement puis longitudinalement et produisent ainsi, directement dans le premier cas (*fig.* 15 à gauche), au terme de deux périodes de division dans le deuxième (*fig.* 13 et 14), les premiers éléments du péricycle. Les processus de différenciation des initiales de l'écorce de la racine et des cellules mères des deux

([2]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 171, 1920, p. 254 et 356; *Titres et Travaux* (1re Notice), 1934, p. 45.

histogènes internes sont, en somme, comparables à ceux que j'ai décrits pour la première fois, en 1920, au sujet des *Nicotiana* ([3]).

L'étage bicellulaire *n* du proembryon à 16 cellules (*fig.* 6) donne naissance au primordium de la coiffe. Par divisions longitudinales se forment 4 cellules circumaxiales (*fig.* 8 à 13) qui se segmentent transversalement une ou deux fois (*fig.* 14 à 17) pour donner vers le haut les premiers éléments de l'assise calyptrogène, vers le bas des éléments qui entrent dans la construction des parties culminantes de la coiffe. Les éléments originaires de *o* entrent également dans la construction des mêmes parties. La cellule *p* (*fig.* 5 à 9) se convertit, par divisions obliques, en quelques gros macromères qui constituent un suspenseur court, un peu élargi, et qui donnent déjà des signes très nets de résorption au moment de la naissance des cotylédons.

C'est au type fondamental du *Senecio vulgaris* que vient se rattacher l'*Oxalis corniculata*. Des différences vraiment essentielles le séparent cependant du type. Elles résident dans l'origine et le mode d'individualisation des initiales de l'écorce de la racine, en outre et par voie de conséquence, dans les destinées des étages *m*, *n* et *o* du proembryon à 16 cellules. A côté du type fondamental, représenté par le *Senecio vulgaris*, il conviendrait, dans la classification embryogénique, d'accorder la valeur de sous-type à l'*Oxalis corniculata*.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'existence, dans les Bacilles tuberculeux, d'acides phosphatidiques complexes constitués par de l'acide glycérophosphorique lié par estérification, d'une part à des acides gras, et d'autre part à des polyalcools non azotés.* Note ([1]) de M. **Michel Machebœuf** et Mlle **Marguerite Faure**, présentée par M. Maurice Javillier.

La fraction lipidique insoluble dans l'acétone chaude que l'on peut séparer des lipides du Bacille tuberculeux est très riche en phosphore, mais elle n'est pas constituée par des phosphatides analogues à ceux que l'on rencontre dans la plupart des tissus; elle est très pauvre en azote et l'on peut, par purification, faire baisser la teneur en cet élément au-dessous de 0,5 % ([2]). Cette très petite quantité d'azote n'est d'ailleurs pas à l'état de choline ou aminoéthanol.

([3]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 170, 1920, p. 1125; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 69, 1922, p. 163.

([1]) Séance du 30 octobre 1939.

([2]) M. Machebœuf, M. Faure et G. Lévy, *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 1988; **204**, 1937, p. 1843; K. Block, *Zeitschr. physiol. Chem.*, **244**, 1936, p. 1.

Si l'on fractionne ces phosphatides par traitements systématiques au moyen d'alcool méthylique, puis d'acide acétique anhydre, on parvient à isoler une abondante fraction, de solubilité moyenne dans l'alcool et de bonne solubilité dans l'acide, constituée à peu près uniquement par des substances d'un type particulier; ce sont des acides phosphatidiques (N % $< 0,15$ et P % $= 2,8$ environ) à l'état de sels de sodium, de calcium et de magnésium. Le simple contact prolongé avec de l'acide sulfurique dilué (N/1) arrache à ces acides phosphatidiques la totalité des acides gras qui entraient dans leur constitution et libère des acides organophosphoriques hydrosolubles. Ces acides organophosphoriques ne sont pas précipitables par l'acétate neutre de plomb comme le seraient les acides glycérophosphorique ou inositophosphorique; ils ne sont même pas précipitables par l'acétate basique de plomb. Ils précipitent seulement par ce sel en présence d'ammoniaque. D'ailleurs le titrage acidimétrique de ces acides organophosphoriques purifiés montre qu'à 3^{at} de phosphore correspondent seulement environ quatre fonctions acides libres.

Si cependant on soumet ces acides à l'hydrolyse par de l'acide sulfurique à 5 °/₀ à la température de 120°, tout le phosphore devient de l'acide glycérophosphorique qui est alors précipitable par l'acétate neutre de plomb. Cet acide glycérophosphorique était donc combiné à d'autres substances qui en empêchaient la précipitation plombique et que l'hydrolyse sulfurique à chaud a pu arracher sans décomposer une proportion importante de l'acide glycérophosphorique qui résiste bien à l'hydrolyse par l'acide sulfurique à 5 °/₀.

Cette hydrolyse a libéré des oses (28 °/₀) et de l'inositol; mais si, au lieu d'hydrolyser par de l'acide sulfurique chaud, on hydrolyse par de la baryte chaude, on ne voit pas se libérer des oses, mais des osides non réducteurs que l'on peut secondairement transformer en oses par hydrolyse acide. L'acide glycérophosphorique était donc lié par estérification avec des osides non réducteurs. Il est possible que l'inositol que l'on trouve dans les produits d'hydrolyse fasse partie des molécules d'osides, mais il se peut aussi qu'il soit lié directement à l'acide phosphorique, indépendamment des osides, car nous avons pu mettre en évidence dans les produits d'hydrolyse barytique de petites quantités d'acide inositophosphorique et d'inositol libre.

Il se peut donc que nous soyons en présence d'un mélange d'acides osidoglycérophosphorique et inositoglycérophosphorique, mais il se peut aussi qu'il existe des acides osidoglycérophosphoriques, dans lesquels de

l'inositol serait partie constituante du groupement osidique. Le fractionnement de substances si complexes est très laborieux et la matière première est très onéreuse, aussi n'avons-nous pu jusqu'ici préciser ce détail. Mais un fait est certain, c'est l'existence d'acides phosphatidiques complexes, dans lesquels de l'acide glycérophosphorique (mélange d'α et β) est combiné d'une part à des osides non réducteurs, et d'autre part à des acides gras. Ces substances, plus complexes que les acides glycérophosphatidiques isolés autrefois des végétaux supérieurs ([2]) ont cependant des propriétés physicochimiques comparables; elles sont solubles dans l'eau à l'état de sels de calcium, de sodium et de magnésium, mais insolubles à l'état d'acides libres. Les sels sont remarquablement insolubles dans l'acétone, même à chaud, tandis que les acides libres sont solubles dans ce solvant. L'éther dissout non seulement les acides libres, mais leurs sels de Ca, Na et Mg. Nous proposons pour désigner les substances de ce type le terme *acides phosphatidiques complexes*. Dans le cas du Bacille tuberculeux, il s'agit presque uniquement d'acides glycérophosphatidiques complexes, car, par hydrolyse partielle, on peut obtenir à peu près tout le phosphore à l'état d'acide glycérophosphorique. Notons que les bacilles renferment également des acides glycérophosphatidiques simples assez voisins de ceux des végétaux supérieurs, mais ils se rassemblent dans les fractions les plus solubles dans l'alcool méthylique. Notons aussi que l'activité haptène de fixation de l'alexine que présentent les lipides des Bacilles tuberculeux (haptène lipoïdique) appartient uniquement aux fractions contenant des acides phosphatidiques complexes. Les acides glycérophosphoriques simples sont dénués de tout pouvoir haptène. Mais il se peut encore que l'activité haptène ne soit due qu'à une impureté de nos acides complexes, bien que l'activité des fractions les mieux purifiées soit considérable ($2,8.10^{-8}$ g fixe une unité d'alexine).

Il semble probable que cette activité est l'apanage de l'un des acides phosphatidiques complexes présents dans nos fractions actives, car nous n'avons jamais pu obtenir une fraction active qui ne contienne pas de tels acides et, lorsqu'on soumet ces fractions à une hydrolyse très ménagée, même simplement par de l'acide sulfurique dilué froid, on voit disparaître l'activité haptène en même temps que se décomposent les acides phosphatidiques complexes et que sont libérés leurs acides gras.

([2]) CHIBNALL et CHANNON, *Biochem. Journ.*, 21, 1927, p. 225, 233 et 479; 24, 1930, p. 112.

MICROBIOLOGIE. — *Filtrabilité du virus de l'anémie infectieuse des Équidés. Essai de détermination de la dimension des particules du virus.* Note [1] de M. **Louis Balozet**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

La découverte de la filtrabilité du virus de l'anémie infectieuse à travers les bougies de porcelaine est due à Vallée et Carré [2], qui ont démontré la virulence du sérum filtré sur des bougies Berkefeld d'une porosité légèrement supérieure à celle des bougies V. De très nombreux auteurs ont depuis confirmé ce fait; aucun n'a rapporté d'expériences dans lesquelles le virus aurait été arrêté par une bougie de faible porosité. Nous-même avons constaté que les bougies L 3, ainsi que les filtres d'amiante Seitz EK, qui retiennent, par exemple, le virus de la clavelée, laissent aisément passer le virus de l'anémie infectieuse.

Il n'a été publié, jusqu'ici, qu'un seul essai de filtration du virus de l'anémie infectieuse à travers des membranes de collodion. Kràl [3] a employé pour cela l'appareil de Zsismondy-Bachmann, des membranes du type *ultra*, ne laissant pas passer les colloïdes, et dont les pores ont une dimension inférieure à 20 mμ; pression de 25 atm. Les trois expériences de l'auteur ont donné le même résultat négatif : le virus était retenu par le filtre. Ce résultat n'est pas surprenant puisque l'on sait que les virus les plus petits, ceux de la poliomyélite et de la fièvre aphteuse, de même que le bactériophage le plus ténu, le bactériophage S 13, sont retenus par les membranes de 25 mμ.

Nous avons recherché la filtrabilité du virus de l'anémie infectieuse à travers des membranes de collodion de porosités différentes. Nous nous sommes servi de membranes d'Elford [4] avec l'appareil de Grabar et une pression négative. Le virus était du sérum d'âne inoculé expérimentalement. Le sérum était dilué avec 3 fois son volume d'eau physiologique et clarifié par filtration sur papier colmaté avec de la terre d'infusoires. Les membranes employées avaient des pores des dimensions suivantes : 1000, 490, 200, 160, 100, 52 et 25 mμ. La filtration à travers les mem-

---

(1) Séance du 30 octobre 1939.

(2) *Comptes rendus*, 139, 1904, p. 331.

(3) *Rec. de Médecine vétérinaire*, 109, 1933, p. 912.

(4) Préparées et calibrées par *Virus Research Section, St Mary's Hospital*, Londres.

branes des quatre dernières dimensions était précédée, pour éviter le colmatage, d'une première filtration sur une membrane de 770 mμ. La pression négative employée était très faible pour les membranes les plus poreuses et le temps de filtration très court, quelques minutes. A partir de 160 mμ, les pressions et le temps ont augmenté :

Dimension des membranes (en mμ)......	160.	100.	52.	25.
Pression (en cm de mercure)..........	— 35	— 75	— 75	— 75
Temps............................	1h.30	3 j.	9 j.	12 j.

La quantité filtrée n'a jamais été inférieure à 28$^{cm^3}$, soit plus de 5$^{cm^3}$ par centimètre carré de surface filtrante.

Les résultats ont été les suivants : les ânes inoculés avec les filtrats sur membranes de 100 mμ et au-dessus ont tous été infectés et ont eu leur premier accès fébrile après une incubation uniforme de 10 à 12 jours. Les filtrats sur membranes de 52 et 25 mμ n'ont déterminé aucun symptôme de l'anémie infectieuse chez les ânes inoculés et observés pendant plus de 2 mois, et un passage du sérum de ces ânes à des ânes neufs a montré qu'ils n'étaient pas atteints d'une infection inapparente.

Le virus de l'anémie infectieuse passe donc à traves les membranes de 100 mμ, mais non à travers celles de 52 mμ. L'activité de ce virus ne pouvant pas être titrée par dilutions, le point terminal de la filtration ne peut pas être établi avec une grande précision et, pour cette raison, nous avons jugé peu utile de faire d'autres expériences avec des membranes de porosité comprise entre 52 et 100 mμ.

Malgré cette imprécision, les résultats de nos expériences permettent, en appliquant le coefficient de correction $F = 1/3$ à $1/2$, d'attribuer aux particules du virus de l'anémie infectieuse des Équidés, une dimension comprise entre 18 et 50 mμ.

IMMUNOLOGIE. — *Données nouvelles sur la valeur et la durée de l'immunité conférée par l'anatoxine tétanique; conséquences théoriques et pratiques.* Note de MM. **Gaston Ramon** et **Édouard Lemetayer**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

Depuis une dizaine d'années, la vaccination contre le tétanos, au moyen de l'anatoxine spécifique, est couramment pratiquée chez l'homme comme

chez le cheval. En ce qui concerne l'espèce équine en particulier, des effectifs déjà très importants, se chiffrant par des dizaines de milliers d'animaux, ont été soumis à la vaccination anatoxique (1).

Au cours de ces derniers mois, nous avons eu l'occasion de rechercher le taux de l'immunité antitétanique chez un certain nombre de chevaux, exactement 126, vaccinés lors des années précédentes, selon la méthode maintenant classique qui comporte, on le sait, deux injections à un mois d'intervalle de 10^{cm^3} chacune d'anatoxine tétanique renfermant, comme substance adjuvante de l'immunité, un peu de poudre de tapioca. Ces chevaux avaient en outre reçu, en général un an après la vaccination proprement dite, une injection de rappel de 10^{cm^3} d'anatoxine tétanique au tapioca. Une saignée d'épreuve était pratiquée chez chaque cheval afin de doser, par la technique habituelle, l'antitoxine tétanique dans les sérums ainsi recueillis.

Les résultats de ces dosages sont rassemblés en un tableau.

Année de la vaccination.	Titre des sérums en unités internationales							Nombre total d'animaux vaccinés, par année.
	1 et au-dessus.	1/3e.	1/20e.	1/60e.	1/100e.	1/200e.	1/300e.	
1929......	1	17	9	7	1	1	–	36
1930......	2	2	1	1	1	1	–	8
1931......	2	2	4	–	–	–	–	8
1932......	2	4	2	2	1	–	–	11
1933......	–	4	2	–	2	–	–	8
1934......	–	2	3	3	–	2	–	10
1935......	2	1	3	1	–	1	–	8
1936......	3	3	2	–	–	–	–	8
1937......	5	11	6	3	–	3	1	29
								126

A l'examen de ce tableau, l'immunité antitétanique conférée par l'anatoxine et que traduit le pouvoir antitoxique du sérum des sujets vaccinés apparaît remarquablement élevée et stable. Élevée, cette immunité l'est en effet, car sur les 126 chevaux examinés, le taux de l'antitoxine tétanique

(1) Voir, pour la bibliographie générale de cette question, G. Ramon, *Bulletin de l'Académie de Médecine*, **121**, 1939, p. 609.

est, chez 93 % d'entre eux, égal ou supérieur à 1/100e d'unité, atteignant le plus souvent 1/3 d'unité et dépassant même ce taux; chez aucun de ces animaux, le pouvoir antitoxique ne descend au-dessous de 1/300e d'unité. L'immunité ainsi acquise se montre, en outre, très stable puisque chez les chevaux vaccinés depuis 8 ou 10 ans elle est sensiblement de même ordre, compte tenu des variations individuelles, que chez ceux dont la vaccination remonte à deux ou trois années seulement. Rappelons, en le soulignant, qu'il a été établi, il y a longtemps déjà, par Descombey et l'un de nous qu'un taux d'immunité correspondant à 1/1000e d'unité, est suffisant pour que le cheval qui le possède résiste à l'inoculation de spores tétaniques qui provoque, chez l'animal témoin non vacciné, un tétanos sûrement mortel. Cette considération donne la mesure de la résistance que peuvent offrir, à l'égard de la toxi-infection tétanique, les animaux dont le sang renferme des teneurs en antitoxine telles que celles que nous avons constatées. D'ailleurs, les renseignements épidémiologiques recueillis au cours de ces dernières années confirment pleinement les données immunologiques que nous apportons aujourd'hui. C'est ainsi qu'après avoir indiqué que de 1925 à 1929, avant l'application de la vaccination et malgré l'emploi du sérum antitétanique à titre préventif, on a enregistré sur un effectif moyen de 13000 chevaux : 50 cas de tétanos et 30 pertes, Monnier et Lebasque font connaître [2] que de 1932 à 1937 inclus soit 6 ans durant lesquels la vaccination a été systématiquement pratiquée, dans les mêmes régions et sur un effectif moyen de 16500 chevaux on n'a observé aucun cas de tétanos chez les chevaux vaccinés par l'anatoxine et qui en cas de traumatisme apparent ne recevaient pas d'injection de sérum antitétanique. Ces faits tout en apportant les preuves les plus incontestables de l'efficacité de la vaccination contre le tétanos fournissent la démonstration la plus évidente de la supériorité de l'immunisation active au moyen de l'anatoxine sur l'immunisation passive à l'aide de la sérothérapie.

Les constatations immunologiques et épidémiologique ainsi concordantes effectuées chez les animaux font bien augurer de l'efficacité de la vaccination antitétanique chez l'homme lui-même. D'une part, les résultats sérologiques obtenus chez ce dernier et qui ont montré que, chez lui aussi, l'immunité provoquée par l'anatoxine tétanique est solide et stable et, d'autre part, le fait que sur plus d'un million d'individus vaccinés au cours

(2) *Bull. Acad. Vétér.*, **101**, VII, p. 120; *Revue d'Immunologie*, 4, 1938, p. 405.

de ces dernières années il n'a pas encore été constaté un seul cas de tétanos permettent, en effet, d'espérer que l'épreuve de la guerre quoique incomparablement plus sévère que celle du temps de paix, affirmera la valeur de la vaccination anatoxique, en ce qui concerne la prophylaxie du tétanos chez l'homme.

Dans la solidité et la persistance de l'immunité conférée par l'anatoxine tétanique qu'établissent nos recherches, nous trouvons en outre une réfutation nouvelle de cet argument invoqué de nos jours encore contre le principe de certaines vaccinations, à savoir que la vaccination ne saurait être opérante lorsque la maladie elle-même ne confère pas l'immunité; on sait que les rares sujets qui survivent à la maladie tétanique ne possèdent aucune trace d'immunité. Au moins en ce qui concerne l'immunité antitétanique, l'expérimentateur est capable de faire mieux que la nature.

De l'ensemble des résultats exposés et des considérations développées, il faut surtout retenir, du point de vue pratique, que l'anatoxine tétanique convenablement utilisée est bien capable de conférer, à l'homme comme à l'animal, une immunité solide et durable à l'égard du tétanos, maladie particulièrement redoutable et redoutée en temps de guerre.

La séance est levée à $15^h 20^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 11 septembre 1939.)

Note de MM. *Pierre Vièles* et *Mohammed Amir*, Sur les méthyldiglycolates acides d'éthyle :

Page 458, ligne 4 en remontant, *au lieu de* l'atome de carbone le moins substitué, *lire* l'atome de carbone le plus substitué.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances d'octobre 1939.

Le climat et le vignoble luxembourgeois. Détermination des corrélations entre la quantité et la qualité du vin et quelques facteurs météorologiques, par Albert Gloden. Extrait du *Bulletin trimestriel publié par l'Office de statistique* (août 1939, n° 26). Luxembourg, Imprimerie de la Cour Victor Buck, 1939; 1 fasc. 28cm,5.

Sur les actions magnétiques, électriques, électrodynamiques et électromagnétiques dans les corps rigides ou déformables, par Louis Roy, in *Annales de la Faculté des sciences de l'Université de Toulouse.* Toulouse, Édouard Privat, et, Paris, Gauthier-Villars, 1939; 1 vol. 27cm.

L'origine des collines des Flandres, par C. Stevens. Extrait de la *Revue des questions scientifiques.* Louvain, Établissements Fr. Ceuterick, 1939; 1 fasc. 24cm,5.

La chimie mathématique. Vol. IV. *L'énergétique déduite de la mécanique statistique générale,* par Théophile De Donder. Paris, Gauthier-Villars, 1939; 1 vol. 24cm,5.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 NOVEMBRE 1939.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE BÉHAL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le **Président** annonce à l'Académie la mort de M. **Charles Barrois**, Doyen de la Section de Minéralogie, et s'exprime en ces termes :

Avec **Charles Barrois**, nous perdons un grand savant, à coup sûr, un des géologues les plus complets de sa génération, et dont la notoriété était universelle.

Né le 21 avril 1851, il appartenait à une famille d'industriels du Nord, qui l'ont laissé satisfaire à ses goûts innés pour les sciences naturelles, et, dès sa première jeunesse, lui ont procuré l'occasion d'études et de voyages prolongés en Angleterre, aux États-Unis et en Allemagne. A Lille même, il a eu l'heureuse fortune de débuter sous les auspices de Jules Gosselet, qui fut son maître et est resté son modèle, ainsi qu'il l'a dit lui-même. Avec J. Gosselet, en 1871, il a fondé la *Société géologique du Nord*. Il lui a succédé comme Professeur de Géologie à l'Université. Les noms de ces deux savants, Jules Gosselet et Charles Barrois, resteront indissolublement associés à l'origine d'une école, dans la création d'un milieu, celui des géologues du nord de la France, qui fait le plus grand honneur à notre Pays.

Les premiers travaux de Charles Barrois l'ont conduit à une thèse de doctorat soutenue en 1876, en Sorbonne. Ils sont relatifs à la Craie d'Angleterre et d'Irlande. En France, Edmond Hébert et d'autres avaient montré la voie. Charles Barrois prolonge les synchronismes, leurs résultats

de l'autre côté de la Manche et son Mémoire est encore consulté avec fruit aujourd'hui.

J. Gosselet étant attaché à l'étude de nos régions hercyniennes du Nord, notamment de l'Ardenne et du Bassin houiller, Charles Barrois part dans le Nord-Ouest de la Merseta espagnole, en Galicie et dans les Asturies. Ses explorations lui permettent d'aboutir en 1882 à un gros ouvrage, où sont examinées aussi bien la succession des strates et leur nature, que leurs faunes, et que la structure du pays. Ce travail mémorable a été utilisé dans toutes les reconstitutions de l'Europe hercynienne, notamment, dans celles d'Édouard Suess, et il reste la source d'information la plus précise que nous ayons encore sur les régions primaires de l'Espagne.

En 1884, l'Académie des Sciences envoyant sous la direction de Ferdinand Fouqué une mission en Andalousie à la suite d'un tremblement de terre, Charles Barrois était tout désigné pour en faire partie. Il lui est réservé d'étudier la Sierra Nevada, la chaîne puissante qui domine, au Sud, les riches plaines de la vallée du Guadalquivir. Les principaux résultats de cette étude, en collaboration avec A. Offret, ont été exposés dans un Mémoire important publié par l'Académie.

Mais en France même, parmi les vieux massifs, le plus vaste à coup sûr, le plus divers et le plus difficile, correspond à l'Armorique, qui couvre toute la Bretagne et une partie des provinces voisines, notamment de la Normandie. C'est là que se place le plus long effort de Charles Barrois. Il y est revenu pendant 60 ans, depuis 1878 et jusqu'aux saisons dernières. Il en a édifié la plupart des feuilles géologiques détaillées au 1/80000e, plus d'une vingtaine, couvrant la surface de cinq départements français. « Dans toute cette étendue », peut-il écrire, « il n'est point une commune où je n'aie séjourné, diminuant ainsi, de hameau en hameau, la part de l'imagination dans ma reconstitution du passé, augmentant mes chances de ne trouver devant moi, à l'heure de la synthèse, que des faits positifs, des résultats d'observation directe ». C'est en effet là la bonne méthode, et sa « synthèse » solide de l'édifice armoricain est la seule que nous possédions aujourd'hui. Toutes les questions d'ordre géologique y sont envisagées : successions stratigraphiques, déterminations des faunes, fournissant quelques mémoires paléontologiques fondamentaux, étude de la structure, aboutissant à un dessin clair et détaillé de l'éventail que tracent les axes de plis bretons en divergeant vers l'Est à partir du Finistère, étude des roches aussi, avec notamment un examen de la mise

en place de massifs granitiques et de la constitution de leurs auréoles métamorphiques, exposés morphologiques enfin, ne négligeant ni l'origine, ni l'allure du modelé actuel.

Le labeur incessant et éclectique de Charles Barrois s'est donc exercé dans toutes les disciplines de la Géologie. La Bretagne en fournit le meilleur exemple, mais si l'on cherchait à être complet, on pourrait spécifier qu'en Paléontologie, il a touché à peu près à tous les groupes paléozoïques, notamment aux Spongiaires, aux Coralliaires, aux Graptolithes, aux Brachyopodes, aux Lamellibranches et aux Céphalopodes. Au reste, n'est-ce pas à lui que Karl von Zittel a eu recours pour la traduction et l'édition française de son grand *Traité de Paléontologie*, ouvrage que Charles Barrois était peut-être seul capable de mettre à la portée des lecteurs de langue française.

Malgré ses longues études en Espagne et surtout en Armorique, Charles Barrois s'est inlassablement intéressé à nos régions du Nord. Il était, tant du point de vue scientifique que du point de vue technique, un grand spécialiste du Bassin franco-belge. Constamment consulté, il a prolongé et singulièrement développé l'œuvre de J. Gosselet. C'est lui qui a véritablement organisé l'Institut géologique de Lille, où figure un musée houiller dont, à juste titre, il était particulièrement fier. Archives paléontologiques, reconstitution des grands végétaux, coupes en série soigneusement tenues à jour de toute la partie française du Bassin, c'est là l'un des plus merveilleux ensembles de documentation en la matière, particulièrement propre à susciter des travaux scientifiques nouveaux. On l'a bien vu, après la Guerre de 1914-1918, lorsque la France a momentanément occupé la Sarre, quand Charles Barrois et ses collaborateurs ont consacré à ce Bassin houiller une série de publications qui sont parmi les modèles du genre.

Nous avons dit que la notoriété et l'influence de Charles Barrois se sont étendues bien loin à l'étranger. Elles ont été acquises de bonne heure. Sans parler des hautes et nombreuses distinctions qu'elles lui ont values, rappelons qu'en 1900, lorsque les géologues ont tenu à Paris un de leurs Congrès internationaux, ces grandes assises ont été organisées sous la présidence d'Albert Gaudry, par Charles Barrois, comme secrétaire-général. Il atteignait alors à peine la cinquantaine et ses antennes s'étendaient déjà au monde entier.

Ici, dans notre Académie, Charles Barrois a été plusieurs fois notre

Lauréat. Le 9 mai 1904, il a succédé à F. Fouqué dans notre Section de Minéralogie. Il a présidé nos séances en 1927.

Nous conserverons le souvenir de l'autorité de cet homme de science, aussi bien que de la haute tenue et de la courtoisie de ses manières. Nous adressons à Mme Charles Barrois et à sa famille l'expression de nos regrets et de notre respectueuse sympathie.

Je lève la séance en signe de deuil.

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations différentielles linéaires dans un anneau de certaines matrices continuisées (matrices doubles D_l^2) et leurs applications à certaines équations intégrodifférentielles.* Note de M. **P. Hebroni**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Dans trois Mémoires [1], je me suis occupé d'équations différentielles dans un anneau abstrait R et dans les anneaux spéciaux (concrets) C^2 de matrices continuisées à deux termes et H de matrices hyperboliques. De cette manière j'ai obtenu des résultats concernant certaines équations intégro-différentielles. Ici je remplacerai R par un autre anneau concret, D_l^2, plus général que C^2, et par conséquent d'une applicabilité plus étendue.

Soient $0 \leqq s_1, t_1, u_1, s_2, t_2\, u_2, u \leqq 1$ et soit

$$(1)\quad a_{00}(s_1, t_1, s_2, t_2), \quad a_{01}(s_1, t_1, u_2), \quad a_{10}(u_1, s_2, t_2), \quad a_{11}(u_1, u_2), \quad a_{22}(s_1, u, s_2)$$

un système de fonctions continues. A l'aide des unités $\varepsilon_{00}, \varepsilon_{01}, \varepsilon_{10}\, \varepsilon_{11}, \varepsilon_{22}$, nous formons l'expression

$$(a) = \sum a_{ik}\varepsilon_{ik} \qquad (i, k = 00, 01, 10, 11, 22).$$

Les expressions (b), (c), ... sont formées de manière analogue; elles seront appelées *matrices doubles gauches*, et leur ensemble sera désigné

---

[1] *Comp. Math.*, 5, 1938, p. 403-429; 6, 1938, p. 258-284; *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1268-1270. Ces trois Mémoires seront appelés I, II et III.

par D_l^2. Nous posons

$$(0) = \Sigma\, 0\, \varepsilon_{ik}, \qquad (1) = 0\,\varepsilon_{00} + 0\,\varepsilon_{01} + 0\,\varepsilon_{10} + 1\,\varepsilon_{11} + 0\,\varepsilon_{22};$$

$$(a) \pm (b) = (a_{00} \pm b_{00})\varepsilon_{00} + (a_{01} \pm b_{01})\varepsilon_{01} + (a_{10} \pm b_{10})\varepsilon_{10} + (a_{11} \pm b_{11})\varepsilon_{11} + (a_{22} \pm b_{22})\varepsilon_{22},$$

$$\begin{aligned}
(a)(b) = \Bigg[& \int_0^1 \int_0^2 a_{00}(s_1, \lambda_1, s_2, \lambda_2)\, b_{00}(\lambda_1, t_1, \lambda_2, t_2)\, d\lambda_1\, d\lambda_2 + \int_0^1 a_{00}(s_1, \lambda_1, s_2, t_2)\, b_{01}(\lambda_1, t_1, t_2)\, d\lambda_1 \\
& + \int_0^1 a_{00}(s_1, t_1, s_2, \lambda_2)\, b_{10}(t_1, \lambda_2, t_2)\, d\lambda_2 + a_{00}(s_1, t_1, s_2, t_2)\, b_{11}(t_1, t_2) \\
& + \int_0^1 a_{01}(s_1, \lambda_1, s_2)\, b_{00}(\lambda_1, t_1, s_2, t_2)\, d\lambda_1 + a_{01}(s_1, t_1, s_2)\, b_{10}(t_1, s_2, t_2) \\
& + \int_0^1 a_{10}(s_1, s_2, \lambda_2)\, b_{00}(s_1, t_1, \lambda_2, t_2)\, d\lambda_2 + a_{10}(s_1, s_2, t_2)\, b_{01}(s_1, t_1, t_2) + a_{11}(s_1, s_2) b_{00}(s_1, t_1, s_2, t_2) \\
& + \int_0^1 a_{22}(s_1, \lambda, s_2)\, b_{00}(\lambda, t_1, \lambda, t_2)\, d\lambda + a_{22}(s_1, t_2, s_2)\, b_{01}(t_2, t_1, t_2) + a_{22}(s_1, t_1, s_2)\, b_{10}(t_1, t_1, t_2) \Bigg] \varepsilon_{00} \\
+ \Bigg[& \int_0^1 a_{01}(s_1, \lambda_1, u_2) b_{01}(\lambda_1, t_1, u_2)\, d\lambda_1 + a_{01}(s_1, t_1, u_2)\, b_{11}(t_1, u_2) + a_{11}(s_1, u_2)\, b_{01}(s_1, t_1, u_2) \Bigg] \varepsilon_{01} \\
+ \Bigg[& \int_0^1 a_{10}(u_1, s_2, \lambda_2)\, b_{10}(u_1, \lambda_2, t_2)\, d\lambda_2 + a_{10}(u_1, s_2, t_2)\, b_{11}(u_1, t_2) + a_{11}(u_1, s_2)\, b_{10}(u_1, s_2, t_2) \Bigg] \varepsilon_{10} \\
+ \; & a_{11}(u_1, u_2) b_{11}(u_1, u_2) \varepsilon_{11} \\
+ \Bigg[& \int_0^1 \int_0^1 a_{00}(s_1, \lambda_1, s_2, \lambda_2)\, b_{22}(\lambda_1, u, \lambda_2)\, d\lambda_1\, d\lambda_2 \\
& + \int_0^1 a_{01}(s_1, \lambda_1, s_2)\, b_{22}(\lambda_1, u, s_2)\, d\lambda_1 + \int_0^1 a_{10}(s_1, s_2, \lambda_2)\, b_{22}(s_1, u, \lambda_2)\, d\lambda_2 \\
& + a_{11}(s_1, s_2)\, b_{22}(s_1, u, s_2) + a_{22}(s_1, u, s_2)\, b_{11}(u, u) + \int_0^1 a_{22}(s_1, \lambda, s_2)\, b_{22}(\lambda, u, \lambda)\, d\lambda \Bigg] \varepsilon_{22},
\end{aligned}$$

$$|(a)| = \mathrm{Max}\Big(\mathop{\mathrm{Max}}_{s_1, t_1, s_2, t_2} |a_{00}|,\ \mathop{\mathrm{Max}}_{s_1, t_1, u_2} |a_{01}|,\ \mathop{\mathrm{Max}}_{u_1, s_2, t_2} |a_{10}|,\ \mathop{\mathrm{Max}}_{u_1, u_2} |a_{11}|,\ \mathop{\mathrm{Max}}_{s_1, u, s_2} |a_{22}| \Big).$$

Nous appelons $|(a)|$ le module de (a). La dérivation et l'intégration sont définies dans D_l^2 comme dans C^2 (voir I, § 6). Enfin, nous posons $A = 12$, $A_n = (AS)^n/n!$ $(0 \leqq g \leqq \infty)$, où S est défini comme dans I, § 6. Alors les conditions $(V_1) \ldots (V_4)$ de I, § 6 sont satisfaites pour D_l^2. L'ensemble des matrices de la forme $a_{00}\varepsilon_{00}$ (matrices à noyau) forment un idéal bilatéral

dans C^2 et H; ici, il ne forme qu'un idéal unilatéral (gauche), et l'on a

$$(2)\quad \sigma_1(a\,|\,b_{00}) = \int_0^1\int_0^1 a_{00}(s_1, \lambda_1, s_2, \lambda_2)\, b_{00}(\lambda_1, t_1, \lambda_2, t_2)\, d\lambda_1\, d\lambda_2$$
$$+\int_0^1 a_{01}(s_1, \lambda_1, s_2)\, b_{00}(\lambda_1, t_1, s_2, t_2)\, d\lambda_1$$
$$+\int_0^1 a_{10}(s_1, s_2, \lambda_2)\, b_{00}(s_1, t_1, \lambda_2, t_2)\, d\lambda_2$$
$$+\int_0^1 a_{22}(s_1, \lambda, s_2)\, b_{00}(\lambda, t_1, \lambda, t_2)\, d\lambda + a_{11}(s_1, s_2)\, b_{00}(s_1, t_1, s_2, t_2).$$

Mais cela suffit pour transporter à notre cas, où σ_1 est défini par (2), les théorèmes obtenus dans I et II pour

$$y'_{00} = \sigma_1(a\,|\,y_{00}), \qquad z'_{00} = \sigma_1(a\,|\,z_{00} + b_{00}.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries associées à une série d'Hermite.* Note de M. **Einar Hille**, présentée par M. Gaston Julia.

1. Soit $h_n(z) = e^{-\frac{1}{2}z^2}\mathrm{H}_n(z) = (-1)^n e^{\frac{1}{2}z^2}\dfrac{d^n}{dz^n}(e^{-z^2})$ la $n^{\text{ième}}$ fonction d'Hermite. Nous posons

$$\mathrm{A}_{2k} = |\,\mathrm{H}_{2k}(0)\,|, \qquad \mathrm{A}_{2k+1} = |\,\mathrm{H}'_{2k+1}(0)\,|(4k+3)^{-\frac{1}{2}},$$
$$c_n(z) = \mathrm{A}_n \cos\left[(2n+1)^{\frac{1}{2}} z - n\frac{\pi}{2}\right], \qquad s_n(z) = \mathrm{A}_n \sin\left[(2n+1)^{\frac{1}{2}} z - n\frac{\pi}{2}\right];$$
$$e_n^+(z) = c_n(z) + i s_n(z), \qquad e_n^-(z) = c_n(z) - i s_n(z).$$

2. Il est facile de voir que $h_n(z)$ satisfait à l'équation intégrale

$$h_n(z) = c_n(z) + (2n+1)^{-\frac{1}{2}} \int_0^z t^2 \sin\left[(2n+1)^{\frac{1}{2}}(z-t)\right] h_n(t)\, dt.$$

La solution obtenue par la méthode des approximations successives peut s'écrire

$$h_n(z) = \frac{1}{2}[e_n^+(z) + e_n^-(z)] + \frac{1}{2}\sum_{k=1}^{\infty}\left[2i(2n+1)^{\frac{1}{2}}\right]^{-k} z^{3k}$$
$$\times \sum_{m=1}^{2^k}(-1)^{\mu}\int_0^1\int_0^1\cdots\int_0^1 \mathrm{R}_k(r)[e_n^+(\mathrm{R}_{k,m}^+ z) + e_n^-(\mathrm{R}_{k,m}^- z)]\, dr_1\, dr_2 \ldots dr_k.$$

Ici on a posé $\mathrm{R}_k(r) = r_1^{3k-1} r_2^{3k-4} \ldots r_k^2$ et les $\mathrm{R}_{k,m}^+$ et $\mathrm{R}_{k,m}^-$ sont des sommes de

la forme

$$R^{+}_{k,m}=\sum_{\alpha=0}^{k-1}\pm r_0 r_1\dots r_\alpha(1-r_{\alpha+1})+r_0 r_1\dots r_k \qquad (r_0=1),$$

$$R^{-}_{k,m}=\sum_{\alpha=0}^{k-1}\pm r_0 r_1\dots r_\alpha(1-r_{\alpha+1})-r_0 r_1\dots r_k,$$

où les signes $\pm$ sont choisis d'une manière arbitraire et la sommation par rapport à m s'étend sur toutes les 2^k combinaisons de signes possibles, μ étant le nombre des signes négatifs dans $R^{+}_{k,m}$. Cette représentation de $h_n(z)$ est valable dans tout le plan.

On démontre sans difficulté que le premier terme de cette série, c'est-à-dire la fonction $c_n(z)$, est aussi le plus grand terme quand $z=o\left(n^{\frac{1}{6}}\right)$, z étant non réel.

3. Soit maintenant $f(z)=\sum_0^\infty f_n h_n(z)$ une *série d'Hermite* donnée et introduisons les quatre *séries associées*

$$C(z)=\sum_0^\infty f_n c_n(z), \qquad S(z)=\sum_0^\infty f_n s_n(z),$$

$$E^{+}(z)=\sum_0^\infty f_n e^{+}_n(z), \qquad E^{-}(z)=\sum_0^\infty f_n e^{-}_n(z).$$

Pour une valeur non réelle de z, on peut démontrer que la série de $f(z)$ converge ou diverge selon que la série de $C(z)$ [ou de $S(z)$] converge ou diverge. Il suit que le domaine de convergence absolue est une bande $-\tau<y<\tau$ et que les séries de $f(z)$, $C(z)$ et $S(z)$ divergent pour $|y|>\tau$. On trouve que $\tau=-\limsup(2n+1)^{-\frac{1}{2}}\log[A_n|f_n|]$.

La série de $E^{+}(z)$ converge dans le demi-plan $y>-\tau$ et celle de $E^{-}(z)$ dans $y<\tau$.

4. En introduisant les séries intégrées

$$E^{+}_k(z)=\sum_{n=0}^\infty f_n(2n+1)^{-\frac{1}{2}k}e^{+}_n(z), \quad E^{-}_k(z)=\sum_{n=0}^\infty f_n(2n+1)^{-\frac{1}{2}k}e^{-}_n(z),$$

on démontre *la relation fondamentale entre la série d'Hermite et ses séries de*

Dirichlet associées

$$f(z)=\frac{1}{2}[E^+(z)+E^-(z)]+\frac{1}{2}\sum_{k=1}^{\infty}(2i)^{-k}z^{3k}$$
$$\times\sum_{m=1}^{2k}(-1)^{\mu}\int_0^1\int_0^1\cdots\int_0^1 R_k(r)\,[E_k^+(R_{k,m}^+z)+E_k^-(R_{k,m}^-z)]\,dr_1\,dr_2\,\ldots\,dr_k,$$

valable tout d'abord pour $-\tau<y<\tau$.

Mais il y a plus. *Soient $\mathcal{E}^+$ et $\mathcal{E}^-$ les étoiles principales des fonctions* $E^+(z)$ *et* $E^-(z)$. *Soit de plus $\mathcal{C}$ le domaine commun des quatre étoiles $\mathcal{E}^+$, $-\mathcal{E}^+$, $\mathcal{E}^-$ et $-\mathcal{E}^-$. On démontre sans peine que $f(z)$ est une fonction holomorphe de z dans $\mathcal{C}$ où elle est représentée par la série convergente donnée ci-dessus.*

5. Il y a donc évidemment une relation étroite entre la série d'Hermite et ses séries associées $E^+(z)$ et $E^-(z)$, qui sont des séries de Dirichlet avec les exposants $\pm(2n+1)^{\frac{1}{2}}$. On peut se demander si cette relation donne quelque renseignement sur les singularités d'une fonction donnée par une série d'Hermite si les points singuliers des séries de Dirichlet associées sont connus. Il n'est pas évident en général qu'une singularité de $E^+(z)$ ou de $E^-(z)$ donne naissance à une singularité de $f(z)$. Néanmoins on peut utiliser la relation d'une façon indirecte dans des cas étendus. Soit, par exemple, $i^{-n}f_n\geq 0$ pour $n>n_0$. Par le théorème de Pringsheim-Vitali-Landau le point $z=\tau i$ est singulier pour $E^-(z)$, et c'est aussi une singularité de $f(z)$ comme on s'en convainc par une démonstration analogue à celle du théorème classique. On peut donc formuler des théorèmes pour les séries d'Hermite en utilisant l'analogie avec les séries de Dirichlet aux exposants $\pm(2n+1)^{\frac{1}{2}}$, et dans un grand nombre de cas les méthodes familières dans les séries de Dirichlet en donnent les démonstrations. A titre d'exemple nous ajoutons seulement le théorème suivant, analogue du théorème de Fabry-Carlson-Landau-Szàsz : *la fonction définie par la série $\sum_{k=1}^{\infty}f_{n_k}h_{n_k}(z)$ ne peut pas être prolongée au delà de sa bande de convergence si la suite $\{n_k\}$ satisfait à une quelconque des conditions suivantes :* (1) $n_k(k\log k)^{-2}\to\infty$; (2) $n_k k^{-2}\to\infty$, $\inf\,(n_{k+1}-n_k)\,n_k^{-\frac{1}{2}}>0$; *ou* (3) $n_k k^{-2}\to\infty$, $(n_{k+1}-n_k)\,n_k^{-\frac{1}{2}}>e^{-\varepsilon\varpi(n)}$, $n>n(\varepsilon)$, $\varpi(n)=\inf\limits_{m\geqq n}n_m m^{-2}$.

ÉQUATIONS AUX DÉRIVÉES PARTIELLES. — *Sur les propriétés asymptotiques des fonctions et valeurs propres des plaques vibrantes.* Note de M. **Aake Pleijel**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Nous avions obtenu (¹) une certaine propriété asymptotique des fonctions propres w_n des plaques vibrantes. Nous donnons ici une méthode nouvelle qui, contrairement au procédé indiqué alors, nous permettra de retrouver le théorème de M. Courant sur la distribution des valeurs propres λ_n. La méthode peut se généraliser.

La fonction de Green, nulle avec sa dérivée normale sur la frontière T du domaine S considéré et appartenant à l'équation $\Delta\Delta w + \kappa^4 w = 0$, peut s'écrire

$$(1) \quad G(pq\,;\,-\kappa^4) = Q(pq\,;\,-\kappa^4) - H(pq\,;\,-\kappa^4) \quad \text{où} \quad Q = \frac{e^{-\frac{\kappa r}{\sqrt{2}}}}{\kappa^2 r}\sin\frac{\kappa r}{\sqrt{2}}.$$

Considérée comme noyau d'une équation intégrale, la fonction $1/4\pi\, G(pq\,;\,\lambda)$ admet les quantités $\lambda_n/4\pi$ comme valeurs propres et $w_n(p)$ comme fonctions propres correspondantes. Le noyau est continu et le théorème de M. Mercer nous donne

$$(2) \qquad G(pq\,;\,-\kappa^4) = 4\pi\sum_{\kappa=1}^{\infty}\frac{w_n(p)\,w_n(q)}{\lambda_n + \kappa^4}.$$

Pour $p = q$ nous obtenons au premier membre $(1/\kappa\sqrt{2}) - H(qq\,;\,-\kappa^4)$. En utilisant une formule de Green nous pouvons trouver la relation fondamentale

$$(3) \quad D(H) = \int_S [(\Delta H)^2 + \kappa^4 H^2]\,dS = \int_T \left(\frac{dQ}{dn}\Delta Q - Q\frac{d\,\Delta Q}{dn}\right) dT + 4\pi H(qq\,;\,-\kappa^4).$$

Considérons toutes les fonctions φ satisfaisant aux conditions aux limites : $\varphi = Q$, $d\varphi/dn = dQ/dn$ sur T, et continues avec leurs dérivées jusqu'au quatrième ordre dans S. Dans cette classe, la fonction H rend l'expression $D(\varphi)$ minimum.

Soit l_q la plus courte distance de q à la frontière T. Nous poserons

$$\rho_{pq} = \max(l_q, r_{pq}), \qquad \varphi = Q(pq\,;\,-\kappa^4)\left[1 - \left(1 - \left(\frac{r}{\rho}\right)^5\right)^5\right].$$

(¹) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1549.

Cette fonction appartient à la classe déjà considérée. Nous avons donc $D(\varphi) \geqq D(H)$ et nous pouvons, en utilisant la formule (3), établir l'inégalité

$$(4) \qquad |H(qq; -\varkappa^4)| \leqq \frac{\text{const.}}{\varkappa^2 l_q}.$$

De cette inégalité et de la formule (2) nous pouvons déduire la relation asymptotique pour les fonctions propres obtenues dans [1].

Posons dans (2) $p = q$ et intégrons le résultat sur le domaine S.

Considérons d'abord l'intégrale de $G(qq; -\varkappa^4)$ étendue au domaine S_ε contenant tous les points de S situés à une distance de T plus petite que $\varepsilon = 1/\varkappa^2$. Pour des valeurs grandes de $\varkappa$ cette intégrale est de l'ordre de grandeur $1/\varkappa^2$, car d'après (2) la fonction $G(qq; -\varkappa^4)$ est bornée lorsque $\varkappa$ tend vers l'infini. D'après (4) l'intégrale de $H(qq; -\varkappa^4)$ sur le domaine restant est plus petite que const. $\log\varkappa/\varkappa^2$. Enfin l'intégrale de $1/\varkappa\sqrt{2}$ sur le même domaine restant est égale à $S/\varkappa\sqrt{2}$ moins une quantité plus petite que const.$/\varkappa^2$. Nous avons donc

$$\sum_{\varkappa=1}^{\infty} \frac{1}{\lambda_n + \varkappa^4} = \frac{S}{4\pi\sqrt{2}\varkappa} + O\left(\frac{\log\varkappa}{\varkappa^2}\right).$$

Le théorème taubérien utilisé dans [1] nous donne

$$N(t) = \frac{S}{6\pi^2} t^4 + O\left(t^{\frac{1}{2}+\delta}\right),$$

où $N(t)$ est le nombre des valeurs propres inférieures à t (δ désigne une quantité positive arbitraire).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Propriétés de la fonction harmonique* $\log R$ [1] *définie sur le cercle-unité par des suites particulières de ses valeurs.* Note de M. **Lucien Hibbert**, présentée par M. Émile Borel.

Soit C la circonférence du cercle-unité; sur C donnons-nous une suite de valeurs de $\log R$, telle que l'ensemble E des points de discontinuité ou des sauts de cette suite, soit un ensemble parfait discontinu.

Nous avons déjà [2] étudié les deux cas où le dérivé de E était nul à

---

[1] Pour les propriétés des courbes $\log R = \text{const.}$, $r = \text{const.}$, voir *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 1121; **207**, 1938, p. 894 et 961.

[2] *Comptes rendus*, **209**, 1939, p. 287.

partir d'un certain ordre, et où E était parfait discontinu. Aussitôt après avoir parcouru cette Note, M. A. Denjoy m'a indiqué les éléments d'une démonstration bien plus simple et plus élégante que celle que je donnais. Je me propose ici d'esquisser cette démonstration et de modifier les énoncés des deux théorèmes de ma Note, de façon à les étendre à des types de fonctions $\log R$ dont un exemple remarquable m'a été signalé par M. G. Valiron ([3]), et dont les propriétés infirmaient les conclusions énoncées dans la Note.

Traitons le cas où E est parfait discontinu; il contient celui où le dérivé de E d'un certain ordre est nul. Soit $\overrightarrow{A_1 A_2}$ un diamètre de C; sur la demi-circonférence au-dessus de $\overrightarrow{A_1 A_2}$, E est étalé de A_1 en A_2 dans le sens négatif. Dans les intervalles contigus à E, $\log R = \text{const}$; A_1 et A_2 font partie de E et $\log R$ croît de $\log R = \log R_B$ en A_1 à $\log R = \log R_D$ en A_2. Au-dessous de $\overrightarrow{A_1 A_2}$ dans le sens positif, $\log R$ croît de $\log R = \log R_B$ en A_1 à $\log R = \log R_D$ en A_2, et l'on rencontre les points A_1, B, D, A_2. Sur $\overrightarrow{A_1 B}$, $\log R = \log R_B$; sur $\overrightarrow{BD}$, $\log R$ croît d'une manière continue et uniforme de $\log R = \log R_B$ en B à $\log R = \log R_D$ en D; sur $\overrightarrow{DA_2}$, $\log R = \log R_D$.

Appelons $l_1, l_2, \ldots, l_n, \ldots$, dans l'ordre décroissant ou non croissant, les longueurs des intervalles contigus à E, et $\log R_1, \log R_2, \ldots, \log R_n, \ldots$, les valeurs de $\log R$ dans ces intervalles. Le parcours positif R_i part du point $R = R_i$ de $\overrightarrow{BD}$ et rencontre le segment l_i en un point qui est un point j. Les parcours R_i correspondant chacun à un intervalle l_i sont en infinité dénombrable; les parcours positifs R déterminés par $\overrightarrow{BD}$ et aboutissant aux points de E sont eux en infinité non dénombrable.

Soit V une des fonctions harmoniques conjuguées de $\log R$ dans C; et suivons les indications de M. Denjoy. Pour cela, prenons le symétrique de l'intérieur de C par rapport à C; ce symétrique comprend toute la partie du plan extérieure à C. Du principe de symétrie de Schwarz, on déduit que : 1° l'arc $\overrightarrow{BD}$ de C dans le sens positif est un parcours positif V; 2° les courbes $V = \text{const.}$ à l'intérieur et à l'extérieur de C se raccordent suivant $\overrightarrow{BA_1}$, $\overrightarrow{DA_2}$ et les intervalles contigus à E pour former une famille

([3]) *Bull. Sc. math.*, 2e série, 63, 1939, p. 132.

unique $V = \text{const.}$ dans tout le plan; 3° la fonction harmonique V est uniforme dans le plan tout entier; 4° la famille unique V se subdivise aux points j des intervalles contigus à E en une infinité de sous-familles, formées de courbes $V = \text{const.}$ concentriques et fermées, admettant comme points centres les points d'un ensemble E_L appartenant à E et partout dense sur E.

Aux points de E_L on a $V = +\infty$. Soient V_{j_k} les valeurs de V aux points j des intervalles contigus à E; les nombres V_{j_k} peuvent être rangés en une suite non décroissante $0 < V_{j_k} \leqq +\infty$. En dehors de l'infini, appelons V_{D_1}, V_{D_2}, ..., V_{D_n}, ... les valeurs d'accumulation (1) de la suite V_{j_k}. A chaque valeur V_{D_i}, il correspond sur les intervalles contigus à E au moins une suite infinie de points j_k. Soient $j_{D_{i1}}$, ..., $j_{D_{i2}}$, ..., $j_{D_{i+n}}$, ... les points limites des suites j_k correspondant à la valeur d'accumulation V_{D_i}; ces points appartiennent à E et forment un ensemble E_D, qui peut être soit fini, soit infini avec un dérivé nul d'un certain ordre, soit partout dense sur E. Les points de E_D sont des points de discontinuité de la fonction harmonique V. Tout point $j_{D_{ik}}$ de E_D est accessible soit par l'intérieur de C en suivant le parcours positif R qui correspond à $j_{D_{ik}}$, soit par la circonférence C, sur laquelle d'un côté au moins $j_{D_{ik}}$ est limite de points où $V = +\infty$, et où V prend des valeurs admettant V_{D_i} comme limite. Nous avons ainsi le nouvel énoncé du deuxième théorème de notre Note.

Théorème. — *Soit* E *l'ensemble parfait discontinu formé par les sauts de* $\log R$ *sur* C *au-dessus du diamètre* $\overrightarrow{A_1A_2}$; *et soient* $l_1, l_2, \ldots, l_n, \ldots$ *les longueurs des intervalles contigus à* E. *A chaque* l_i, *associons* R_i; *si* l_k *est entre* A_1 *et* l_h, $R_k < R_h$; *si plusieurs* l_i *sont égaux, on désigne les intervalles contigus correspondants par* $[l_iR_{1i}]\ldots[l_iR_{pi}]$, *où* $R_{1i} < R_{2i} < \ldots < R_{pi}$. *Au-dessous de* $\overrightarrow{A_1A_2}$ *dans le sens positif : le long de* $\overrightarrow{A_1B}$, $R = R_B$; *le long de* $\overrightarrow{BD}$, R *croît d'une manière continue et uniforme de* $R = R_B$ *en* B *à* $R = R_D$ *en* D; *le long de* $\overrightarrow{DA_2}$, $R = R_D$. *Dans ces conditions : 1° la fonction* $f(z) = Re^{iV}$ *n'a aucun point* j *dans* C *et admet un et un seul sur chaque* l_i; 2° $\overrightarrow{BD}$ *dans le sens positif est un parcours positif* V; 3° *l'ensemble* E *se décompose en deux ensembles* E_L *et* E_D; *sur* E_L, $V = +\infty$; *sur* E_D, V *est discontinu.*

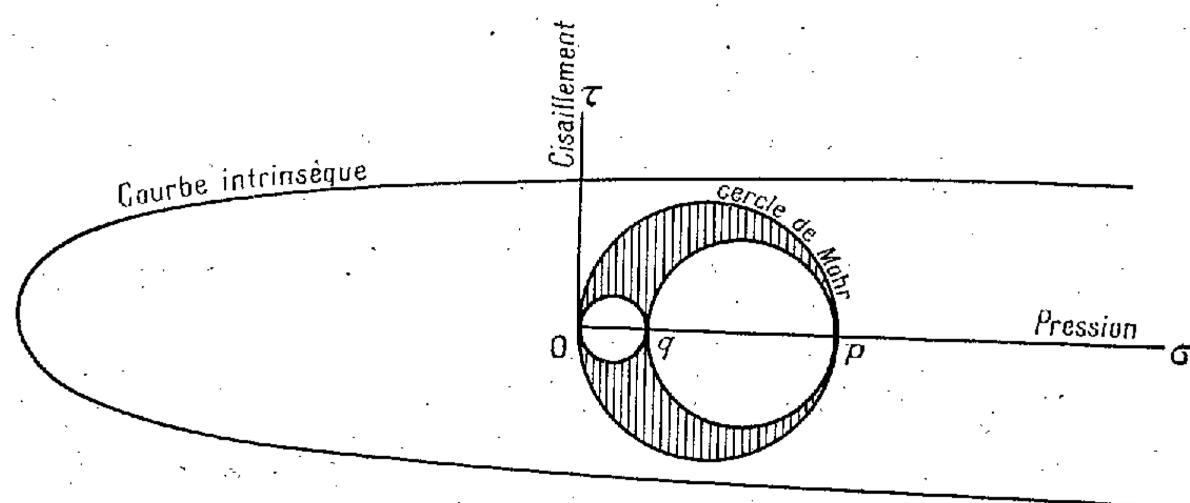
---

(1) L'existence de ces valeurs d'accumulation non infinies m'a été indiquée par M. G. Valiron.

ÉLASTICITÉ. — *Sur l'utilité de la théorie de Mohr-Caquot en photoélasticimétrie appliquée aux constructions métalliques.* Note [1] de M. **Christian Bourcier de Carbon**, présentée par M. Albert Caquot.

On sait que l'état de contrainte d'un solide en un point est caractérisé par le cercle de Mohr des contraintes en ce point lorsqu'il n'y a pas d'actions extérieures capables d'exercer un couple proportionnel à l'élément de volume, c'est-à-dire lorsque le tenseur des contraintes est symétrique. La rupture de l'équilibre élastique survient lorsque le *cercle de Mohr* atteint la *courbe intrinsèque* de M. Caquot, lieu de l'extrémité des contraintes produisant le premier glissement dans le diagramme en σ et τ; σ étant la composante normale et τ la composante tangentielle de la contrainte.

Rappelons que cette définition est plus générale que celle des Allemands, qui ne considèrent cette courbe que comme l'enveloppe des cercles



de Mohr produisant la rupture de l'équilibre élastique; la courbe intrinsèque continue en effet à caractériser la résistance de la matière aux efforts mêmes lorsque le tenseur des contraintes n'est plus symétrique, cas où le cercle de Mohr n'existe plus.

En photoélasticimétrie on ne considère que des systèmes de contraintes à tenseurs symétriques. De plus la contrainte principale normale au plan de la plaque est nulle. On caractérise donc habituellement l'état de contrainte en un point par les contraintes principales p et q qui s'exercent dans le plan de la plaque. Pour cela on détermine d'abord la différence $p-q$ par une mesure photoélasticimétrique qui donne une excellente

[1] Séance du 10 juillet 1939.

précision, puis on détermine la somme $p+q$ par une mesure auxiliaire moins précise (extensomètre, procédé graphique, analogies électriques, apsidométrie).

Calculer ainsi p et q est une façon de déterminer le cercle de Mohr. On pourrait aussi songer à le déterminer par l'abscisse du centre et son diamètre calculés à partir de $p-q$ et $p+q$. *Mais l'erreur sur la mesure de $p+q$ moins précise se retrouve toujours dans les résultats. Il est dans certains cas possible de l'éviter lorsqu'il s'agit des métaux usuels qui suivent la loi de Guest.*

Pour ces métaux, en effet, la courbe intrinsèque est pratiquement une parallèle à l'axe des pressions lorsque l'on reste dans le domaine des contraintes usuelles, c'est-à-dire lorsque le cercle de Mohr reste au voisinage de l'origine o du diagramme en σ et τ.

Or, en photoélasticimétrie, la contrainte qui s'exerce sur le plan de la plaque est nulle, donc l'origine o est nécessairement à l'intérieur du cercle de Mohr.

Il en résulte que le degré de contrainte relativement au danger de rupture peut être alors caractérisé par un seul nombre qui est le diamètre du cercle de Mohr, la rupture se produisant lorsque ce cercle vient en contact avec la courbe intrinsèque, c'est-à-dire lorsque son diamètre atteint une valeur fixe. L'abscisse du centre n'intervient plus.

Ce diamètre D se calcule aisément.

Premier cas. — *p et q sont de signes contraires*, alors

$$\boxed{D = |p-q|}$$

la mesure photoélasticimétrique le donne directement et avec précision.

Or, dans certains cas, il est possible de prévoir à priori qu'en tel point intéressant d'une pièce ou en telle région de cette pièce p et q sont de signes contraires. *Dans tous ces cas la mesure auxiliaire et moins précise de $p+q$ peut être évitée.*

Lorsqu'il n'est pas possible de discriminer à priori si p et q sont de signes contraires, une mesure *sommaire* de $p+q$ suffit pour déterminer les *régions* de la pièce où p et q sont de signes contraires. Ce sont celles pour lesquelles on a

$$|p+q| < |p-q|;$$

dans toutes ces régions le diamètre D du cercle de Mohr est donné par la mesure photoélasticimétrique précise de $p-q$.

DEUXIÈME CAS. — *p et q sont de même signe*. Ce sont les points en lesquels

$$|p+q|>|p-q|.$$

Le diamètre du cercle de Mohr est alors donné par la formule

$$\boxed{D=\frac{|p-q|}{2}+\frac{|p+q|}{2}.}$$

La ligne de séparation des deux régions ainsi considérées est le lieu des points pour lesquels l'une des contraintes p ou q est nulle, c'est-à-dire le lieu des points de la pièce qui travaillent en traction simple.

HYDRAULIQUE. — *Étude sur modèles réduits des ouvrages de rupture de charge : expériences de l'usine du Carcanet*. Note (¹) de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

La complexité de l'écoulement à l'intérieur des ouvrages de rupture de charge fait de l'étude sur modèles réduits le seul élément susceptible d'aider à leur détermination. Nous avons voulu vérifier si cette méthode est justifiée et si, en particulier, l'application des lois de similitude fournit des résultats quantitatifs suffisamment approchés. En effet, si la grande turbulence élimine toute influence de la viscosité et range le phénomène dans la catégorie des *ouvrages courts* (²), par contre l'entraînement d'air peut jouer un grand rôle et introduire des divergences très notables, comme nous l'a montré la comparaison de l'ouvrage de rupture de charge de l'usine du Carcanet, sur l'Aude, avec un modèle réduit au 1/8ᵉ.

Cet ouvrage est placé en bout de la conduite de trop-plein de la chambre de mise en charge; il est constitué par un tuyau communiquant par des orifices supérieurs avec un bassin d'amortissement d'où l'eau s'échappe par un seuil déversant partagé en 5 pertuis (*fig.* 1 et 2) : dans nos expériences, les pertuis 1 et 4 sont ouverts, les 3 autres sont obturés. Les débits sont mesurés au moulinet dans le canal d'amenée de l'usine d'une part, et par un déversoir de Bazin, au laboratoire d'autre part.

Nous avons comparé les caractères généraux de l'écoulement et les profils

(¹) Séance du 6 novembre 1939.

(²) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 881; **191**, 1930, p. 750; **192**, 1931, p. 825; **195**, 1932, p. 473.

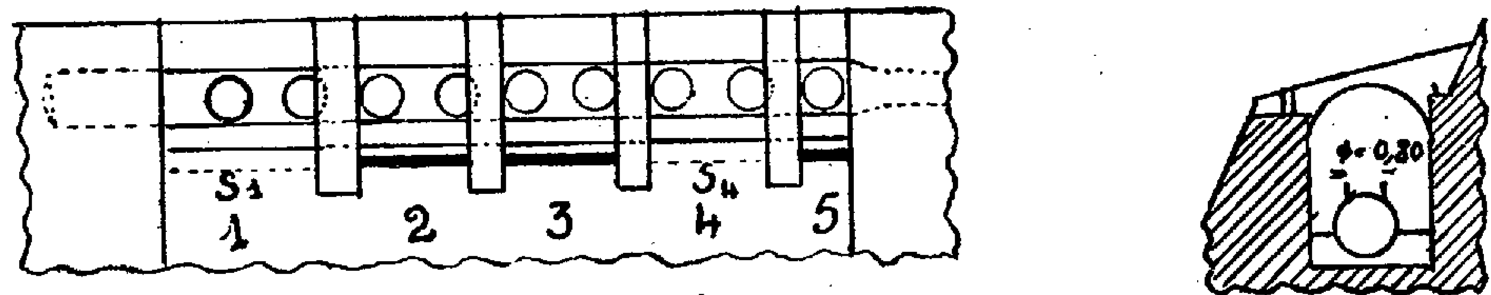


Fig. 1 - Vue en plan et coupe de l'ouvrage

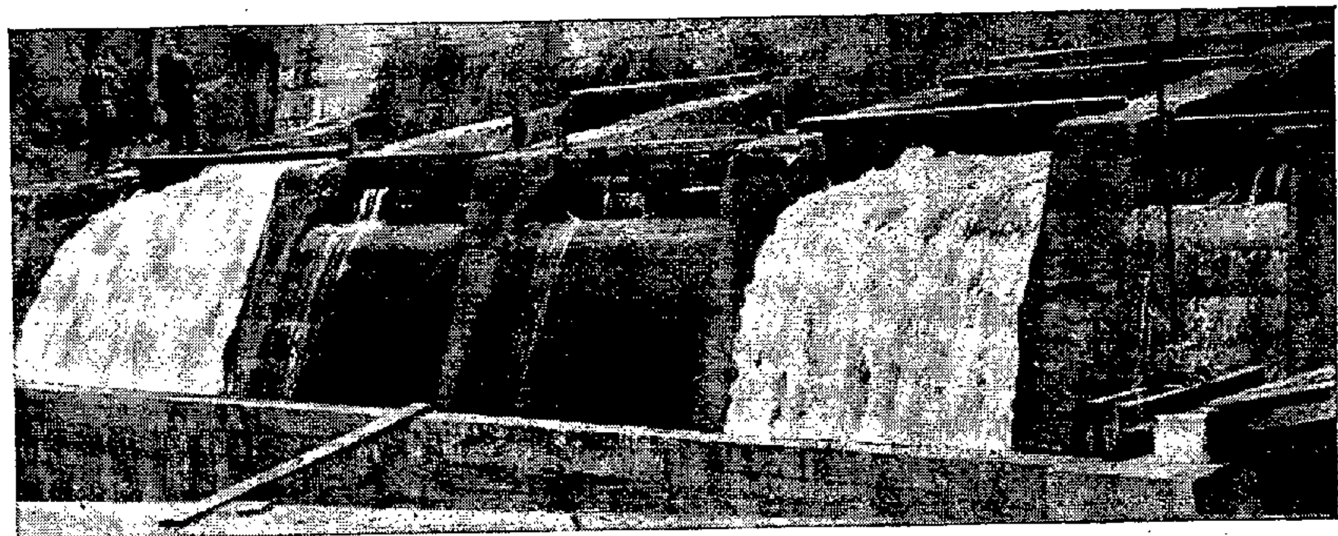


Fig. 2 - Ecoulement du débit de 3.342 l/s.

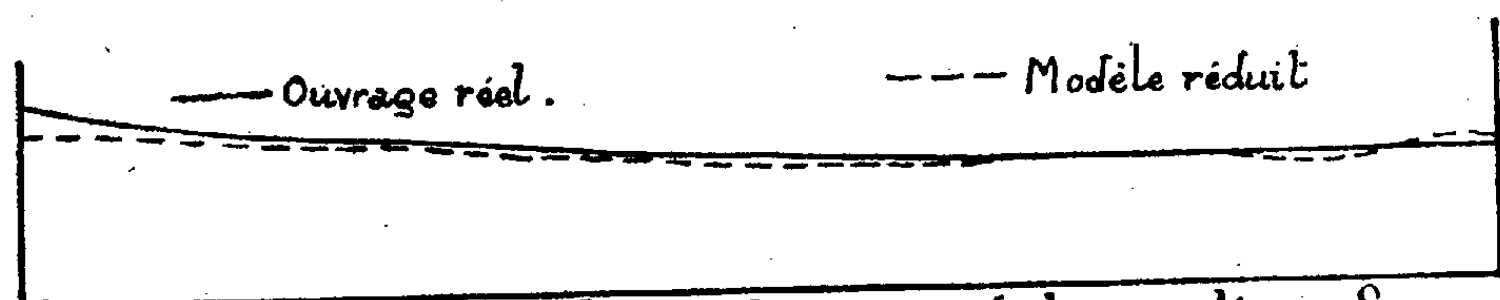


Fig 3 - Profil en travers de la section S_1 pour le débit de 3.342 l/s.

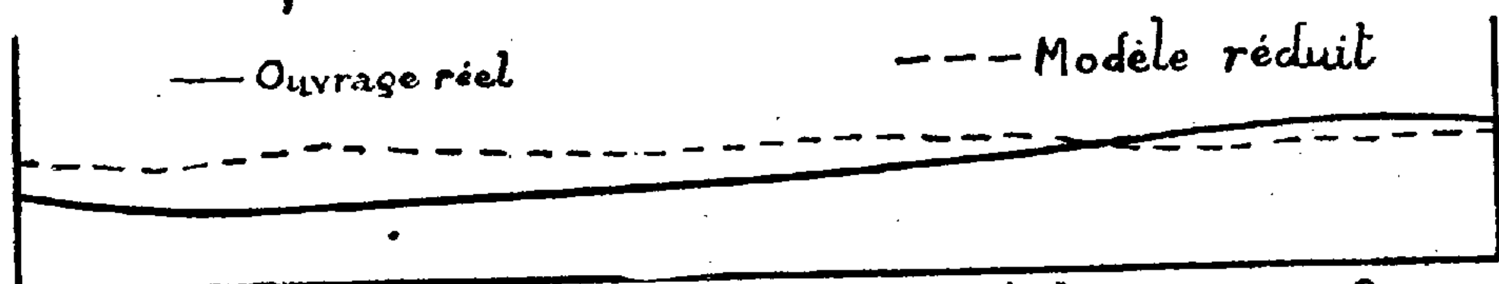


Fig 4 — Profil en travers de la section S_4 pour le débit de 3.342 l/s.

en travers de sections mouillées correspondantes S_1 et S_4 sur les seuils déversants 1 et 4, pour 3 groupes de débits homologues et correspondant respectivement à 1452 l : s, 2550 l : s et 3342 l : s, au Carcanet. Les expériences sur le modèle réduit ont été faites en faisant varier l'injection d'air dans la conduite alimentant le modèle, sans que cette variation permette d'apprécier une modification systématique des profils en travers moyens des sections mouillées S_1 et S_4. On constate sur les figures 3 et 4 (débit au Carcanet, 3342 l : s) les divergences systématiques et très importantes, surtout dans la passe 4, entre les relevés correspondant aux deux modèles comparés. Par contre, au point de vue qualitatif, et sous réserve des aspects différents du phénomène d'entraînement d'air, le modèle réduit reproduit toutes les circonstances, même les plus particulières, que présente l'écoulement réel, aux divers débits : on observe ainsi, par exemple, le déséquilibre systématique des niveaux, nettement surélevés dans la zone aval (pertuis 1) vis-à-vis de la zone amont (pertuis 4); on observe également le phénomène très accusé du déplacement de la région relative à la production maxima d'agitation et de remous, région qui, voisine du pertuis 5 pour les très faibles débits, s'éloigne progressivement vers l'aval, quand ceux-ci augmentent, jusqu'à atteindre, aux valeurs maxima, la zone des pertuis 1 et 2.

Les résultats précédents montrent que les caractéristiques essentielles du fonctionnement des ouvrages de rupture de charge peuvent être prévues, au point de vue qualitatif, au moyen de l'étude sur modèles réduits. Mais les phénomènes d'entraînement d'air dont l'importance relative est beaucoup plus considérable dans l'ouvrage réel doivent inciter à une grande réserve dans l'extrapolation des éléments quantitatifs, au moyen des lois de similitude; cette dernière remarque confirme les observations analogues que nous avions été amené à faire dans diverses études antérieures, en particulier sur les contractions latérales, les vortex, les évacuateurs de crues, phénomènes dans lesquels la présence de l'air provoque certaines divergences vis-à-vis de la loi de similitude, d'ailleurs beaucoup moins importantes que pour les ouvrages de rupture de charge (²). Nous avons montré (³) comment la théorie permet de se rendre compte de l'impossibilité d'éviter ces divergences, dans les conditions normales de réalisation des essais sur modèles réduits concernant des systèmes à surface libre.

(²) *Comptes rendus,* 193, 1931, p. 213; 194, 1932, p. 807 et 1048.
(³) *Comptes rendus,* 209, 1939, p. 626.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *De l'intégration de l'équation de M. De Donder. Détermination de l'onde monochromatique.* Note de M. **Georges Biben**, présentée par M. Louis de Broglie.

Je me propose dans cette Note de compléter l'étude faite ici-même ([1]), en donnant la solution, pour une onde monochromatique, de la seconde équation de M. De Donder, en l'absence de champs électromagnétiques extérieurs, ce qui revient à étudier la solution de l'équation

$$\text{(I)} \qquad \square\Psi - \left(\frac{2i\pi}{h}\right)^2 m_0^2 C^2 \Psi = 0.$$

Posons alors, en admettant que g_{44} soit indépendant de x^4,

$$\Psi = e^{\frac{2i\pi}{h}E\sqrt{g_{44}}\,t}\,\varphi(x^1, x^2, x^3), \qquad \text{avec} \quad x^4 = t.$$

Alors $\frac{\partial}{\partial t}\left(\sqrt{-g}\,g^{44}\frac{\partial\Psi}{\partial t}\right) : \left(\frac{2i\pi}{h}\right)^2 E^2 e^{\frac{2i\pi}{h}E\sqrt{g_{44}}\,t}\varphi(x^1, x^2, x^3)$, or $\sqrt{g_{44}}\,t$ n'est autre que le temps propre t' de l'observateur parcourant un système de référence entraîné dans un champ de gravitation, c'est-à-dire une grandeur mesurable. De plus pour les faibles valeurs de la masse attirante, t' diffère très peu de t, nous écrirons donc en première approximation

$$\Psi = e^{\frac{2i\pi}{h}Et'}\varphi(x^1, x^2, x^3).$$

Nous obtenons à la place de (I) l'équation

$$\text{(II)} \qquad \square\varphi + \left(\frac{2i\pi}{h}\right)^2 [E^2 - m_0^2 c^2]\varphi,$$

ou en tenant compte de la relation relativiste $E^2 - m_0^2 c^2 = p^2$, il vient

$$\text{(III)} \qquad \square\varphi + k^2\varphi = 0;$$

nous avons posé $k = (2i\pi)/\lambda$, $\lambda = (h)/P$ (longueur d'onde de M. de Broglie).

Ici une remarque s'impose; l'expression du conoïde caractéristique Γ, de M. Hadamard, que nous avions trouvée n'est exacte que lorsque les coefficients $g^{\alpha\beta}$ sont constants, ce qui restreint la généralité. Autrement, il

([1]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1975.

faut employer les coordonnées normales de Riemann-Lipschitz

$$\xi^i = \alpha^i s = s\left(\frac{dx^i}{ds}\right)_0, \qquad \text{alors} \quad \Upsilon = \sum_i (\xi^i)^2.$$

Je rappelle que les α^i sont les cosinus directeurs de la tangente issue d'un point arbitraire O à l'arc OM, le point M étant suffisamment voisin du point O et situé sur une géodésique issue de O, s étant la longueur de l'arc OM.

Appliquons la méthode générale, au cas où les $g_{\alpha\beta}$, tirés des $g^{\alpha\beta}$ sont donnés par le ds^2 extérieur de Schwarzschild (changé de signe)

$$ds^2 = \frac{dr^2}{1-\frac{a}{r}} + r^2(d\theta^2 + \sin^2\theta\, d\Phi^2) - \left(1-\frac{a}{r}\right)dt^2 \qquad [a = (2\,\mathrm{GM})].$$

Nous aurons une application assez facile de la méthode, si nous supposons que φ n'est fonction que de r seul. L'équation (III) donnera

$$\frac{1}{r^2\sin\theta}\,\frac{\partial}{\partial r}\left[r^2\sin\theta\left(1-\frac{a}{r}\right)\right]\frac{\partial\varphi}{\partial r} + k^2\varphi = 0.$$

Cette équation s'écrira alors

$$\text{(IV)} \qquad \left(1-\frac{a}{r}\right)\frac{\partial^2\varphi}{\partial r^2} + \left(2-\frac{a}{r}\right)\frac{1}{r}\,\frac{\partial\varphi}{\partial r} + k^2\varphi = 0$$

pour $a = 0$, nous savons que la solution générale est

$$\text{(V)} \qquad \varphi = \mathrm{A}\,\frac{e^{-ikr}}{r} + \mathrm{B}\,\frac{e^{ikr}}{r},$$

avec notre méthode, la solution générale sera

$$\varphi = \mathrm{A}\,\frac{e^{-ik\sqrt{\Gamma}}}{\sqrt{\Gamma}} + \mathrm{B}\,\frac{e^{ik\sqrt{\Gamma}}}{\sqrt{\Gamma}} \qquad \text{avec} \quad \sqrt{\Gamma} = \alpha^r s = s\left(\frac{dr}{ds}\right)_0.$$

De l'expression du ds^2 de Schwarzschild, nous tirons

$$s = \int \frac{dr}{\sqrt{1-\frac{a}{r}}} = \sqrt{r(r-a)} + a\log(\sqrt{r-a} + \sqrt{r}),$$

quant à α^i ce n'est autre, si nous admettons la représentation de M. von Laue, que $\sin\chi = \sqrt{1-(a/r)}$.

Asymptotiquement, l'on obtient lorsque a est petit devant r

$$s \sim r + \frac{1}{2}a\log r, \qquad \sin\chi \sim 1, \qquad t' \sim t.$$

Nous obtiendrons alors pour la valeur asymptotique de φ, l'expression

$$\varphi = \mathrm{A}\frac{r^{-\frac{1}{2}aik}e^{-ikr}}{r+\frac{1}{2}a\log r} + \mathrm{B}\frac{r^{\frac{1}{2}aik}}{r+\frac{1}{2}a\log r}e^{ikr}$$

qui donne pour $a = 0$ la formule (V).

Nous obtiendrons pour l'onde Ψ les deux solutions

$$\Psi \sim \mathrm{A}\frac{r^{-\frac{k}{2}aik}}{r+\frac{1}{2}a\log r}e^{\frac{2i\pi}{h}[\mathrm{E}t-pr]}$$

qui est l'onde progressive; et $\Psi \sim \mathrm{B}\frac{r^{\frac{1}{2}aik}}{r+\frac{1}{2}a\log r}e^{\frac{2i\pi}{h}[\mathrm{E}t+pr]}$ qui est l'onde régressive.

ACOUSTIQUE. — *Sur un stéthoscope à sensibilité et sélectivité variables.* Note de M. **Henri-Jean Frossard**, transmise par M. Paul Portier.

La théorie de ce stéthoscope, qui permet d'éliminer, au moyen d'une simple fuite réglable, les sons graves recueillis sur un malade ou une machine et de recevoir purs les sons aigus généralement nuisibles (souffles, râles fins chez un malade, manque de graissage ou défaut de poli ou d'ajustage dans les machines), présente quelques difficultés.

En effet l'opération se fait en deux temps :

1° On écoute, les embouts dans les oreilles étant isolés du sujet par les tubes de caoutchouc, et le pointeau fermé. On *entend* alors tous les bruits que l'oreille de l'opérateur est capable de recevoir. Son cerveau fait alors la discrimination et, l'habitude aidant les aptitudes, il *écoute* alors seulement le bruit qui l'intéresse à la manière d'un chef d'orchestre qui discerne le jeu d'un violon parmi ses 120 musiciens.

C'est le spécialiste doué par la nature d'une oreille et d'un cerveau spéciaux.

2° On dévisse le pointeau doucement, et successivement les sons entendus disparaissent en commençant par les plus graves.

On élimine donc à volonté les sons qu'on veut négliger. Le pointeau remplace le spécialiste.

Théorie. — *a.* Lorsque la fuite ne fonctionne pas, toute l'énergie

cinétique des pulsations est transmise à l'oreille, qui enregistre des pressions ([1]); *b*. Lorsque la fuite fonctionne, une certaine partie de 1/2MV²

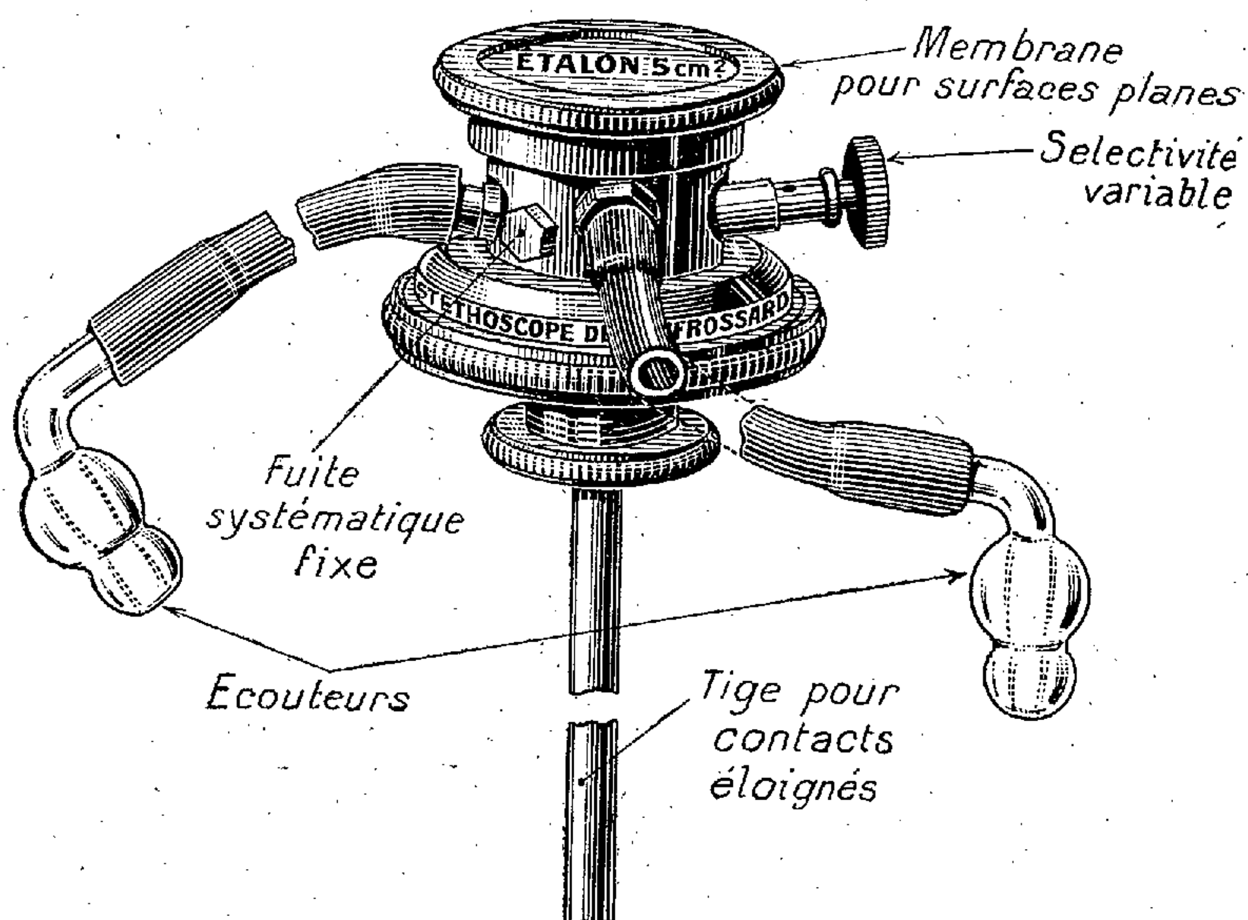


Fig. 1.

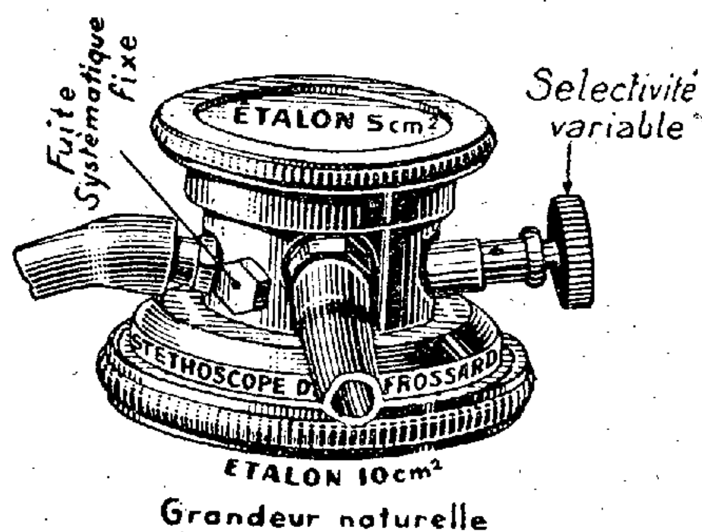


Fig. 2.

s'en allant à l'extérieur, est perdue pour l'oreille. Or cette partie est quelconque, elle n'est pas choisie.

C'est donc que le tympan ne réagit plus aux *fréquences faibles* qui, comme on le sait, nécessitent une surface et une amplitude, mais aussi une énergie plus grandes.

Dès lors tout est simple. Il suffit de diminuer l'intensité des trains d'ondes pour amener la suppression de l'audition des sons graves. Cette constatation

---

([1]) HENRI-JEAN FROSSARD, *La Science et l'Art de la Voix*. Paris, 1927, p. 261 et suiv.

a des répercussions en musique et en radiophonie, puisqu'il faut une certaine intensité pour donner toute sa valeur à l'exécution d'un morceau : trop fort on n'*entend* plus que les basses, qui absorbent tout; trop faible l'ensemble devient aigre et sans intérêt artistique.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Les acides concrets des huiles d'olive.* Note (¹) de M. **René Marcille**.

Quand on détermine l'indice Bellier d'huiles obtenues de diverses variétés d'olive, qu'on réchauffe les essais et qu'on les abandonne ensuite à un refroidissement lent jusqu'à une température de 14-12°, on constate, après 24 heures, que le dépôt cristallin n'est pas semblable dans tous les tubes.

Dans les uns, provenant d'huiles dites infigeables, on constate la formation de cristaux légers, aciculaires, arborescents; dans les autres, provenant d'huiles très figeables, un dépôt de glomérules en forme de choux-fleurs.

En poursuivant les essais, on observe que les sels de plomb des premiers sont facilement solubles dans l'éther à chaud, alors que ceux des seconds ne s'y dissolvent que partiellement; que les acides concrets séparés, après une purification par l'alcool pour éliminer toute trace d'acide oléique, présentent les caractères suivants : acides concrets d'huile infigeable, point de fusion, 53°; indice Bellier (pour les acides concrets, nous effectuons l'essai sur 150^{mg}; voir notre Communication sur cet indice au *Congrès de Chimie industrielle*, Paris, 1934), 25 3/4; acides concrets d'huile figeable, point de fusion, 56°,5, indice Bellier, 221/3. Les différences sont donc sensibles et permettent de déduire qu'on ne se trouve pas en présence d'acide palmitique pur mais de mélanges, dont nous avons cherché à reconnaître la composition.

Nous avons tout d'abord étudié l'efficacité des diverses méthodes de séparation fractionnée, utilisant l'alcool, les sels de potassium, en partant de mélanges d'acides palmitique et stéarique purissimes.

Pour reconnaître la constitution des fractionnements, nous avons employé les indices Bellier, ayant reconnu que, à l'inverse des points de fusion, leur accroissement est régulièrement progressif avec le pourcentage d'acide d'ordre plus élevé.

L'alcool, les sels de potassium, ne nous fournirent aucun résultat satis-

(¹) Séance du 21 août 1939.

faisant; les sels de lithium, déjà préconisés, nous donnèrent, au contraire, une séparation intéressante.

Nous partîmes de 25^g d'acides concrets d'huiles non figeables; ils furent dissous dans 350$^{cm^3}$ d'alcool à 95°. On attendit 24 heures, pour contrôler qu'à la température du laboratoire aucun précipité ne se produisait, on ajouta, alors, la quantité voulue de solution alcoolique d'acétate de lithium pour en précipiter le dixième et l'on chauffa jusqu'à complet éclaircissement. Après un repos de 24 heures, on sépara le précipité et l'on poursuivit les additions de lithium.

Les acides gras séparés des trois derniers fractionnements avaient un point de fusion de 59,5 et un indice Bellier de 18,75, ce sont bien ceux de l'acide palmitique.

Les précipitations 3-4-5, qui fournissaient des indices Bellier assez élevés furent l'objet d'une seconde séparation. Les deux premiers fractionnements de ces opérations furent traités pour subir une troisième séparation, mais on constata qu'une partie notable des acide gras demeurait insoluble dans la proportion d'alcool usuelle.

Cette insolubilité dans l'alcool étant un des caractères de l'acide arachidique, on poursuivit la purification des acides isolés en suivant la méthode préconisée pour l'isolement de celui-là. Après la quatrième séparation, on obtint 92^{mg} d'une matière ayant un point de fusion de 73,5 et un indice Bellier de 60, données caractéristiques de l'acide arachidique pur.

Ce résultat vient confirmer les indications de Y. Volmar et B. Hansen (²) qui, après alcoolyse d'huiles d'olive, en avaient séparé de l'arachidate de méthyle.

Une autre opération fut réalisée en partant de 33^g d'acides concrets d'huiles d'olive figeables.

L'acide arachidique ne s'y rencontre qu'en plus faible proportion, car le dernier fractionnement, pesant 42^{mg}, avait un point de fusion de 66,5 et un indice Bellier de 55.

Ces chiffres ne peuvent convenir à des mélanges d'acide stéarique, et il est légitime de conclure également à la présence de l'acide arachidique.

La proportion de cet acide n'est donc pas la même dans toutes les huiles, celles qui en renferment le plus sont celles présentant la différence la plus accentuée entre les chiffres de l'indice Bellier et de la teneur de l'huile en acides concrets.

Cet acide arachidique normal des huiles d'olive, pour celles qui en

(²) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 968.

renferment le maximum, comme c'est le cas des huiles de la Tunisie du Nord, n'est pas sans influence sur certaines déterminations analytiques.

Si l'on cherche à caractériser l'huile d'arachide dans des huiles suspectes, par précipitation fractionnée des acides concrets (en utilisant les réactifs Bellier, mais en opérant sur 5^g d'huile et en n'employant que la moitié du volume usuel d'alcool à 70°), on obtient, avec certaines huiles pures, des précipités qui peuvent présenter des indices Bellier anormaux.

Pour compléter l'étude de la question, nous avons tenté d'utiliser également la méthode Hilditch-Schuster; mais nous n'en avons pas obtenu de résultats intéressants, même en partant de lipides concrets séparés d'une huile de Sfax.

Par contre, ces lipides purifiés par plusieurs fusions, cristallisations et expressions, nous ont fourni une matière renfermant 36,7 % d'acides fluides et 63,3 d'acides concrets. Ces derniers avaient un point de fusion de 59,5, un indice Bellier de 18, donc très proche de l'acide palmitique.

En divisant les chiffres des pourcentages par le poids moléculaire de l'acide oléique et de l'acide palmitique, on obtient 13,0 et 24,7, donc très sensiblement dans le rapport de 1 à 2, et l'on peut conclure que le lipide ainsi séparé était constitué par de l'oléodipalmitine.

Les huiles d'olive renferment donc, comme acides concrets, de l'acide palmitique mélangé en faibles proportions, variables suivant les variétés, d'acide arachidique.

Les huiles très figeables contiennent de l'oléodipalmitine.

La séance est levée à $15^h 15^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 16 octobre 1939.)

Note de MM. *Gabriel Bertrand* et *Radu Vladesco*, La glycémie chez le cobaye et le lapin sous l'influence du venin de cobra :

Page 587, 3e colonne du second tableau, *au lieu de* venin, *lire* sérum.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 NOVEMBRE 1939.

PRÉSIDENCE DE M. GEORGES PERRIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE BIOLOGIQUE APPLIQUÉE. — *Pouvoir calorifique des bois et de leurs principaux constituants.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Georges Brooks**.

L'utilisation du bois pour le chauffage, préféré dans certains cas à d'autres combustibles, présente à l'heure actuelle un intérêt particulier; elle permet, notamment, d'économiser le pétrole, indispensable aux moteurs à combustion interne. Mais, pour être rationnelle, cette utilisation doit tenir compte, parmi d'autres facteurs, du pouvoir calorifique des diverses sortes de bois. Or on ne possède sur ce sujet que des notions fort peu exactes ou très limitées [1]. On ignore même s'il existe des différences notables dans la chaleur de combustion des bois tendres et des bois durs, des bois d'arbes feuillus et des bois d'arbres résineux, ou bien encore d'un même bois suivant son degré de développement, selon que l'on s'adresse aux branches ou au tronc, etc.

A la suite des études que nous avons entreprises sur la composition chimique du bois et dont nous avons apporté ici de nombreux résultats [2], nous avons déterminé la chaleur de combustion des branches et du tronc de dix-huit de nos principales essences indigènes.

---

[1] On trouvera dans un Mémoire publié dans les *Ann. Off. Combust. liquides*, 13, 1938, p. 1021, et reproduit dans les *Ann. agron.*, 9, 1939, p. 209, l'historique de la question et beaucoup d'autres détails.

[2] *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 162; 206, 1938, p. 293 et 207, 1938, p. 952.

Les échantillons de bois sur lesquels nous avons effectué les nouvelles expériences sont exactement les mêmes que ceux dont nous avons donné antérieurement la composition, ce qui permet d'établir des rapprochements entre les diverses séries de coordonnées. Les combustions ont été faites à la bombe, dans l'oxygène comprimé, en suivant dans tous leurs détails les prescriptions contenues dans le Mémoire de Mahler sur la détermination du pouvoir calorifique de la houille ([3]). Chaque prise d'essai a été pesée à l'état de sciure fine, séchée à l'air, et comprimée en une pastille. Un chauffage à +100-105° a permis de connaître la quantité de matière sèche mise à brûler.

Nous avons trouvé ainsi comme pouvoir calorifique ou chaleur de combustion, exprimé en grandes calories par kilogramme de bois sec, les chiffres suivants :

Bois examinés.	Pouvoirs calorifiques ([a]) du tronc.	des branches.	Bois examinés.	Pouvoirs calorifiques ([a]) du tronc.	des branches.
Tilleul	4579	4694	Peuplier	4378	–
Érable champêtre	4848	4673	Tremble	4061	4655
Érable sycomore	4658	–	Aulne	4715	4500
Frêne	4662	4550	Bouleau	4802	4648
Charme	4927	4885	Épicéa	4608	4757
Châtaignier	4734	4680	Mélèze	4586	4821
Chêne pédonculé	4551	4568	Pin maritime	4849	4647
Chêne rouvre	4622	4583	Pin sylvestre	4556	4809
Hêtre	4579	4546	Sapin pectiné	4589	4613

([a]) Compte tenu de la chaleur dégagée par l'oxydation de l'azote et du fer et déduction faite de l'humidité, *mais non des cendres*.

On se rappelle que la cellulose, la xylane, la vasculose et le lignol sont les principes constituants fondamentaux non seulement de la paille d'avoine, d'où ils ont d'abord été extraits, mais aussi, au moins en première approximation, des tissus lignifiés des plantes angiospermes ([4]). D'après nos propres mesures, les chaleurs de combustion de la cellulose et de la xylane sont très voisines, d'environ 4000 calories, ce qui se conçoit d'après la composition élémentaire et la constitution chimique de ces substances. Il en est de même pour la mannocellulose et pour la galactane

([3]) *Étude sur les Combustibles. Mesure de leur pouvoir calorifique*, 3e édit., Paris, 1925, p. 56.

([4]) Gab. Bertrand, *Ann. Off. nat. Combust. liq.*, 11, 1936, p. 191.

qui remplacent la xylane dans les tissus lignifiés des plantes gymnospermes ([5]).

Les chaleurs de combustion de la vasculose et surtout celle du lignol sont, toujours d'après les mesures que nous avons effectuées, beaucoup plus élevées, d'environ 5000 calories pour la première et 6000 pour la seconde. De sorte que la valeur calorifique des bois et des tissus lignifiés en général doit dépendre, en grande partie, de leur teneur relative en cellulose et en substances incrustantes : plus un bois renfermerait de cellulose et de xylane ou de mannocellulose, moins son pouvoir calorifique serait élevé; plus il serait riche, au contraire, en vasculose et surtout en lignol, plus il dégagerait de chaleur en brûlant.

Mais les membranes cellulaires ne constituent pas à elles seules les tissus végétaux lignifiés; il y a aussi dans ces tissus des substances extractibles soit par l'eau, soit par l'alcool ou par l'éther.

Ces substances sont de nature variée. Les unes appartiennent au groupe des sucres (glucose, saccharose, voire amidon), dont la chaleur de combustion est voisine de celle de la cellulose; les autres, plus nombreuses et, en général, plus abondantes, sont des hétérosides, des tannins (châtaignier, chêne, etc.), des matières colorantes (campêche, bois jaunes, etc.), des résines (en particulier dans le pin), dont la chaleur de combustion est, au contraire, plus élevée, jusqu'à 9 et 10000 calories.

Comme le montrent nos résultats antérieurement publiés, ces substances existent en proportions très différentes, allant, par exemple, dans les bois, de 8,4 (tronc du peuplier) à 18,75 (branche de châtaignier) pour 100 de tissu sec.

Il n'est donc pas douteux que les substances extractives doivent modifier d'une manière très appréciable, surtout en l'élevant, la chaleur de combustion des tissus lignifiés qui les renferment.

Par contre, il existe dans les tissus lignifiés des composés organiques plus riches en oxygène et moins calorifiques que la cellulose, la xylane, la mannocellulose et les sucres. Tels sont les composés pectiques dont la présence n'a pas encore été très étudiée, mais qui est probable, et l'acide acétique sous la forme d'esters. Nous ne connaissons pas la chaleur de combustion des composés pectiques du bois, mais la chaleur de combustion de l'acide acétique est, d'après Berthelot, d'environ 3490 calories, très notablement inférieure, par conséquent, à celle de la cellulose.

([5]) GAB. BERTRAND, *Comptes rendus*, 129, 1894, p. 1025.

Enfin il y a lieu de retenir que les cendres, dont la chaleur de combustion est nulle, oscillent dans les bois de 0,25 (tronc de pin sylvestre) à 1,36 (branche d'érable sycomore) pour 100 (6).

On comprend donc que le pouvoir calorifique du bois puisse varier notablement suivant l'espèce végétale et le degré de développement.

Pour les sortes de bois examinées dans ce travail, nous avons trouvé que la chaleur dégagée dans la bombe est comprise entre 4060 calories pour le tremble et 4850 calories pour le pin maritime, les résultats étant rapportés au bois écorcé et complètement sec (7). C'est, lorsqu'on passe du premier de ces bois au dernier, une différence de l'ordre de 20 %, fort intéressante à connaître dans la pratique. Une autre observation, bonne à envisager dans certains cas, est la faible différence qui existe entre la valeur calorifique du bois de branche et celle du bois de tronc d'une même espèce d'arbre; on pourra être conduit alors à utiliser les branches pour le chauffage en conservant le tronc, de plus grande valeur commerciale, pour d'autres emplois plus impérieux ou plus rémunérateurs.

PHYLOGÉNIE. — *Principes pour l'établissement d'un arbre généalogique du règne animal.* Note de M. **Lucien Cuénot.**

On dit souvent, surtout dans des articles de vulgarisation, que la conception des arbres généalogiques est périmée, parce qu'ils ne peuvent représenter rien d'exact; mais, quelles que soient les difficultés, on ne saurait se passer de constructions phylogéniques, sur lesquelles est fondé nécessairement tout enseignement de zoologie, quand ce ne serait que pour suivre un ordre déterminé et logique; qu'il y ait des désaccords plus ou moins importants entre les différents auteurs, cela n'a rien de surprenant; ce n'est que par des approximations successives que l'on se rappro-

---

(6) Il s'agit de bois débarrassés de leur écorce; cette dernière est d'ordinaire beaucoup plus riche en cendres.

(7) Nous laissons de côté ici l'influence de l'eau contenue dans le bois. On sait que le degré d'humidité du bois varie beaucoup, à partir du moment de l'abatage, avec les conditions dans lesquelles le bois est conservé. Les échantillons de sciures dont nous nous sommes servis ne renfermaient presque plus d'humidité, mais dans la pratique les bois de chauffage peuvent en contenir davantage, de 20 à 30 % par exemple.

chera de la vérité. Il me paraît qu'il y a des principes ou règles sur lesquels on peut s'accorder; ils m'ont servi de base pour édifier un arbre généalogique que je décrirai dans une autre Note.

I. La paléontologie ne donne de renseignements qu'à partir du cambrien; les terrains antérieurs, métamorphisés ou non, qui forment des sédiments de plusieurs kilomètres d'épaisseur, accumulés pendant peut-être un milliard et demi d'années, ne renferment que très peu de débris fossiles, difficilement étudiables, mais dans lesquels on a pu reconnaître des Radiolaires, des Cœlentérés, des Vers, des Échinodermes, des Brachiopodes, des Gastropodes, de grands Crustacés. C'est pendant cet énorme laps de temps, beaucoup plus grand que celui qui s'est écoulé depuis le début du cambrien jusqu'à nos jours, que la majeure partie des groupes du règne animal ont apparu; il semble bien que les formes antécambriennes n'avaient pas de squelette ou que celui-ci était fort réduit, ce qui explique en partie leur rareté. A partir du cambrien, la paléontologie apporte de précieuses indications chronologiques; elle nous apprend avec certitude que de nouveaux types de structure apparaissent *successivement* dans le temps, pendant que s'éteignent des types anciens : les Poissons commencent au silurien supérieur; les Gymnospermes datent du dévonien; les premiers Tétrapodes (Stégocéphales) du dévonien supérieur; on ne trouve des Insectes qu'à partir du carbonifère; les premiers Reptiles sont permiens, les premiers Mammifères, rhétiens; le premier Oiseau n'est connu que du portlandien; les Angiospermes sont probablement de la fin du jurassique. Il est bien entendu que nous ne connaissons pas la date réelle de la naissance, mais seulement celle où l'on trouve le premier fossile; cette découverte de hasard signifie que les représentants du groupe sont déjà nombreux, comme le prouve manifestement leur distribution géographique, souvent étendue; il n'y a donc rien de surprenant à ce que la première espèce *trouvée* n'ait pas toujours des caractères primitifs.

II. Les nouveaux types présentent toujours quelque particularité anatomique ou physiologique leur permettant d'occuper dans la nature une *niche*, une place vide ou mal défendue qui leur fournit la nourriture convenable, constituée nécessairement par les êtres qui les ont précédés : les Poissons ont leur pouvoir de régulation osmotique rénal et branchial, leur cuirasse d'écailles, leur forme hydrodynamique; ils ont peuplé les océans et l'eau douce; les premiers Tétrapodes, aux membres marcheurs et à la respiration pulmonaire, ont gagné les rivages et la terre ferme, où ils ont trouvé des Insectes et des plantes; les Reptiles, définitivement émancipés du milieu aquatique, grâce à leurs gros œufs pondus à terre, ont occupé les régions chaudes du globe; les Mammifères, dotés d'une température propre, d'un revêtement de poils, du viviparisme, étaient capables d'émigrer dans des régions froides ou tempérées, où ils avaient moins à craindre la concurrence des Reptiles, qui finalement leur ont partout cédé la place. Les Oiseaux, si parfaitement organisés pour le vol, sont devenus les maîtres incontestés de l'air.

III. L'étude de l'anatomie comparée donne la notion intuitive d'une hiérarchie des organisations, c'est-à-dire de formes structurales qui, tout en étant parfaitement équivalentes au point de vue du maintien de la vie, sont d'une complexité de plus en plus grande. Il y a ainsi une échelle évidente commençant aux Protozoaires, se conti-

nuant par les Spongiaires, les Cœlentérés et les animaux pourvus d'une cavité générale distincte de l'intestin. La structure du système nerveux, d'abord diffus, puis de plus en plus concentré et systématisé, est un bon indice de la complication organique, qui va généralement de pair avec le développement des fonctions psycho-motrices. D'un consentement unanime, on admet que cette échelle est également chronologique, le plus simple précédant dans le Temps le plus complexe.

Un mode fréquent de complication est le métamérisme ou multiplication des parties, qui s'est produit à maintes reprises dans la série animale, tantôt sur des organes, tantôt sur des organismes entiers. On peut à ce propos formuler une règle d'irréversibilité, parallèle à celle de Dollo : des formes unitaires, non métamérisées, ne sauraient provenir de formes métamérisées; les premières sont toujours primitives par rapport aux secondes; ceci est d'importance pour fixer la place du groupe confus des Vers par rapport aux Annelés. Il y a accord général pour penser que la métamérie non fixée, c'est-à-dire celle où il y a variation numérique dans l'annélation d'espèce à espèce et même à l'intérieur d'une espèce déterminée (Annélides par exemple) a précédé la métamérie figée en un nombre immuable pour l'espèce, l'ordre ou même la classe (Arthropodes). Il y a ainsi une sorte de courbe de l'individuation qui, partant de la forme unitaire bien définie, passe par un stade de relâchement et de dissolution, rendu manifeste par la fréquence de la multiplication schizogonique et la facilité de la régénération totale, pour finalement aboutir à un nouvel individu bien défini qui ne présente plus de multiplication par fission et où le pouvoir de régénération est réduit à la réparation des appendices.

IV. Une autre direction d'évolution, irréversible dans une certaine mesure, apparaît lors du passage de la vie aquatique à la vie terrestre; on s'accorde pour penser que les diverses formes animales ont débuté dans la mer; il s'ensuit que les groupes adaptés à la vie sur terre ont eu obligatoirement des ancêtres marins; leurs nouvelles conditions d'existence sont tellement complexes que les êtres aériens, même s'ils reviennent plus ou moins complètement au milieu aquatique (Cétacés, divers Reptiles et Insectes), gardent des traces multiples et manifestes de leur état antérieur; et comme l'organisation d'un animal marchant sur le sol et respirant l'air en nature est plus compliquée que celle d'un animal plongé et respirant dans l'eau, nous devons nous attendre à ce que le premier soit chronologiquement plus récent, ce qui est d'accord avec la paléontologie.

Certaines manières de vivre et certaines structures procèdent nécessairement d'états antérieurs; ainsi tout le monde admet que les groupes composés uniquement de parasites, comme les Dicyémides, Trématodes, Cestodes, Acanthocéphales, Poux et Puces, voire même Hirudinées, ont eu des ancêtres libres; que les formes qui présentent des organes réduits ou atrophiques descendent obligatoirement d'espèces possédant ces organes développés et fonctionnels : ainsi les Serpents ne peuvent dériver que de Sauriens à deux paires de pattes, les Diptères que d'Insectes à deux paires d'ailes, les Mammifères à 1, 2 ou 3 doigts que de Mammifères à 5 doigts, etc.; cette évolution ne peut jamais revenir en arrière (règle de Dollo de l'irréversibilité des atrophies). Les documents paléontologiques sont parfaitement d'accord avec cette hiérarchie (séries orthogénétiques des Chevaux, des Camélidés, des Carnivores, etc.).

V. Comment peut-on établir des liens de parenté hiérarchique entre des groupes

qui, somme toute, sont si nettement séparés dans la nature actuelle que leur étude se fait par chapitres distincts? On dispose de deux sources de renseignements : l'une, relevant de l'anatomie et de l'embryogénie, qui consiste à rechercher des caractères communs; on considère ceux-ci comme transmis héréditairement de parents à descendants. L'autre, relevant surtout de la paléontologie, est la mise en évidence des types de passage.

Un type de passage n'est pas un être exactement intermédiaire entre deux groupes successifs A et B, ce qui serait du reste inconcevable, mais un animal qui possède des caractères A, parmi lesquels se sont infiltrés un nombre plus ou moins grand de caractères B, le tout constituant un ensemble viable; quand le nombre des caractères B est encore petit et que ceux-ci affectent des structures jugées d'importance secondaire, la forme de transition est rangée dans le groupe A; elle passe dans le groupe B dans le cas contraire; on discute quelque temps sur la place à lui attribuer, et puis il s'établit une convention plus ou moins commode. Ainsi le *Conodectes* (*Seymouria*) du permien inférieur du Texas est pour les uns (Broom) un Stégocéphale à caractères reptiliens, tandis que pour d'autres (Williston), c'est un Reptile primitif du groupe des Cotylosauriens; le *Tritylodon* du trias de l'Afrique australe a été placé parmi les Reptiles Thériodontes par Seeley, tandis que Broom le range parmi les Mammifères primitifs. On connaît maintenant un assez grand nombre de formes de transition : les *Ichthyostegalia* du dévonien supérieur relient très bien les Poissons Crossoptérygiens aux Stégocéphales du carbonifère; les Reptiles Cynodontes et Ictidosauriens du trias ont de si nombreux caractères mammaliens qu'il est permis de penser que les Mammifères sont dérivés de quelque petite forme insectivore de ces groupes. Je rappelle pour mémoire l'*Archaeopteryx* et les nombreux Insectes fossiles pour lesquels on a dû créer des groupes Proto... (Protoblattoïdes, Protoorthoptères, etc.).

Il reste enfin la ressource des caractères communs : l'organe excréteur constitué par les protonéphridies à solénocytes est connu chez les Platodes, Némertes, Acanthocéphales, Rotifères, Entoproctes, certains Annélides et larves de Mollusques; la structure fine du système nerveux, constitué par des fibrilles courant entre les pieds de hautes cellules épidermiques filiformes, est la même chez les Actiniaires, les Échinodermes, le Balanoglosse; le type spiral de segmentation de l'œuf se rencontre chez beaucoup de Mollusques, d'Annélides, de Némertes, de Planaires, etc. Bien entendu, un caractère *isolé* ne constitue pas un critérium sûr, car on sait que des organes identiques ont apparu indépendamment dans des groupes non parents (convergence); il faut qu'il y ait coïncidence de *plusieurs* caractères communs.

En appliquant les critériums que je viens d'énumérer, il y a vraiment très peu de groupes dont la place reste incertaine (Dicyémides-Orthonectides, peut-être Nématodes et Chétognathes), et il me semble qu'on ne tardera pas à s'accorder sur le dessin général de l'arbre généalogique.

ASTRONOMIE. — *Perfectionnements au pendule inversé utilisé pour la mesure de l'inclinaison d'axes astronomiques.* Note de MM. **Pierre Lejay** et **Maurice Burgaud.**

Le principe de l'application du pendule élastique inversé à la mesure des inclinaisons a été exposé dans une Note précédente [1].

Nous avons construit depuis, à l'Observatoire de Zi Ka Wei, plusieurs pendules de types différents et poursuivi l'étude de l'adaptation aux instruments astronomiques. Ces essais nous ont conduits aux conclusions suivantes :

1° La forme de la lame élastique a une influence considérable sur la régularité des déviations au voisinage de la verticale. La forme adoptée primitivement, lame mince taillée dans un cylindre, percée d'un trou central de façon à ne laisser que deux languettes de métal sur les bords, s'est révélée défecteuse. Il est probable que les deux branches ainsi formées ne réagissent pas également pour les angles de flexion faibles, soit qu'elles ne soient pas géométriquement semblables, soit qu'elles ne soient pas dans le même plan. De nouvelles lames taillées aussi dans un cylindre mais échancrées sur les bords de façon à ne garder encore qu'une faible largeur à la partie fléchissante, cette fois dans l'axe du pendule, nous ont donné des résultats bien supérieurs : les variations de sensibilité du pendule en fonction de l'angle d'inclinaison ont été réduites au cinquième de ce qu'elles étaient auparavant; les irrégularités au voisinage immédiat de la verticale ont entièrement disparu.

2° En vue de la fixation des pendules sur les instruments astronomiques, des dispositifs de réglage de l'azimut du plan d'oscillation, de la verticalité de ce plan et de la position d'équilibre du pendule dans ce plan ont été ménagés dans la base à laquelle la lame élastique est fixée. Une parfaite symétrie de la sensibilité a pu ainsi être obtenue.

3° La réactivité et l'hystérésis élastique ont été presque totalement supprimés d'une part par un traitement thermique des lames terminées, d'autre part en réduisant à quelques minutes l'angle maximum dont le pendule peut s'incliner. Sur trois pendules d'une même série, deux ne donnaient comme écart maximum des positions d'équilibre, pour la même

(1) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 398.

position du comparateur, à l'aller et au retour d'inclinaisons à droite et à gauche, respectivement que 0",00 et 0",08; le troisième conservait un peu plus d'hystérésis, l'écart atteignant 0",15.

La réactivité, qui se manifestait soit par un mouvement lent du pendule laissé à lui-même dans une position inclinée, mouvement qui pouvait durer plusieurs minutes, soit par un changement permanent de la lame lorsque le pendule était maintenu un certain temps incliné, peut disparaître complètement par un recuit convenable.

4° Enfin la sensibilité du pendule lui-même a pu être réduite, bien que la précision des mesures reste la même, par une augmentation correspondante du grossissement du microscope de visée : à cet effet un cadre portant un fil fin a été disposé en porte-à-faux au sommet du pendule rapprochant le repère de la fenêtre derrière laquelle l'objectif se trouve placé. Toutes les causes d'erreur précédemment exposées en ont été diminuées d'autant.

Trois des instruments réalisés dans ces conditions ont été fixés transversalement sur une lunette de Bamberg pour les déterminations de latitude par la méthode de Talcot; deux autres ont été placés sur un support spécial adapté à la lunette de passages de Prin du Service Horaire de l'Observatoire de Zi Ka Wei. Tous ces instruments ont une sensibilité comprise entre 0",2 et 0",4 par division du micromètre.

La moyenne des écarts des valeurs de latitude conclues, au cours de 17 soirées, a été de 0",07. La moyenne des écarts observés avec un pendule, en remettant la lunette dans la même position, d'après un autre pendule, a été de 0",1.

Au cours des observations d'heure, les écarts moyens entre les inclinaisons données par les pendules ou le nadir étaient de l'ordre de 0",1. La moyenne des écarts entre les corrections de la pendule directrice conclues par les pendules et par le nadir, pour 11 soirées d'observation, a été de $0^s,006$, l'écart maximum de $0^s,01$.

On a cherché à reconnaître si, en apportant à chaque observation d'étoile la correction de la valeur instantanée de l'inclinaison, mesurée à chaque retournement de l'instrument, on améliorait les résultats individuels; il n'en est rien : les écarts moyens des heures conclues par chaque étoile restent du même ordre, et les graphiques où sont portés les résultats obtenus par les deux méthodes sont pratiquement semblables. On doit en conclure que la stabilité de l'instrument n'est pas troublée par les retournements et que les écarts constatés ne sont pas dus à des variations d'inclinaisons; comme, d'autre part, on peut discriminer les erreurs de catalogue

en comparant les résultats donnés par une même étoile au cours de plusieurs soirées, on arrive à la conclusion que les écarts sont dus aux observations mêmes ou à des variations de réfraction.

Bref, s'il est précieux d'avoir par plusieurs méthodes une vérification des inclinaisons moyennes mesurées par l'observation du bain de mercure (qui peuvent être faussées systématiquement par des irrégularités des tourillons), on ne peut espérer réduire dans une proportion notable les écarts accidentels entre observations individuelles d'étoiles au cours d'une même soirée.

CORRESPONDANCE.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur un problème de calcul des probabilités.* Note de M. **W. Dœblin**, présentée par M. Émile Borel.

Soit $\mathcal{L}$ une loi de probabilité, $X_1, \ldots, X_n$, n variables indépendantes suivant la loi $\mathcal{L}$, $S_n = X_1 + \ldots + X_n$. Soient n_ρ une suite d'entiers croissants, a_ρ et b_ρ deux suites de nombres. Il se peut que les lois de probabilité des variables $a_\rho^2 S_{n_\rho} - b_\rho$ convergent si $\rho \to \infty$ vers une loi de probabilité I n'affectant pas une probabilité 1 à une valeur unique. Soit $E'[\mathcal{L}]$ l'ensemble de toutes les lois I qu'on peut obtenir ainsi en faisant varier les suites n_ρ, a_ρ et b_ρ. $E'[\mathcal{L}]$ n'est rien d'autre que l'ensemble dérivé de l'ensemble de puissances de la loi $\mathcal{L}$ (¹). Dans les cas les plus simples $E'[\mathcal{L}]$ contient uniquement la classe de la loi de Gauss. On peut se demander quelle est la structure de $E'[\mathcal{L}]$ dans le cas général. Nous avons démontré que :

Théorème. — $E'[\mathcal{L}]$ *est un ensemble de classes fermé, pouvant être vide et être composé d'une classe unique (nécessairement celle d'une loi quasi-stable). En dehors de ces cas,* $E'[\mathcal{L}]$ *contient une infinité ayant la puissance du continu de classes et il existe dans* $E'[\mathcal{L}]$ *une suite de lois indéfiniment divisibles* I_j *de fonctions caractéristiques*

$$\exp\left\{-\sigma_j^2\frac{t^2}{2}+\int_{-\infty}^{+\infty}\left(e^{itx}-1-\frac{itx}{1+x^2}\right)dN_j(x)\right\},$$

ayant les propriétés suivantes :

1° *La dispersion de* I_j *pour la probabilité* $1/2$ *est* 1.

(¹) Cf. W. Dœblin, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 306-308 et p. 718-720.

2° *Toute classe* K[I] *de* E′[$\mathfrak{L}$] *est de la forme* $K[I] = \lim_{p\to\infty} K[I^t_{j_p}]$, *t étant* > 0.

3° *r étant un entier suffisamment grand* ($> r_0$, *constante absolue*), *il existe une suite d'entiers* $\{l_p\}$ *croissante, pouvant être vide, une suite de nombres* Δ_p *tendant vers zéro et une suite de nombres* > 0 *convenables* T_i *telles que, si* $i \neq l_p$, $x > \Delta_i$,

$$r\int_{(x+\Delta_i)T_i}^{\infty} dN_{i-1}(x) - \Delta_i < \int_x^{\infty} dN_i(x) < r\int_{(x-\Delta_i)T_i}^{\infty} dN_{i-1}(x) + \Delta_i,$$

$$r\int_{-\infty}^{-(x+\Delta_i)T_i} dN_{i-1}(x) - \Delta_i < \int_{-\infty}^{-x} dN_i(x) < r\int_{-\infty}^{-(x-\Delta_i)T_i} dN_{i-1}(x) + \Delta_i;$$

$$\frac{r}{T_i^2}\left[\int_{-(x-\Delta_i)T_i}^{(x-\Delta_i)T_i} x^2 dN_{i-1}(x) + \sigma_{i-1}^2\right] - \Delta_i < \int_{-x}^{x} x^2 dN_{i-1}(x) + \sigma_i^2$$
$$< \frac{r}{T_i^2}\left[\int_{-(x+\Delta_i)T_i}^{(x+\Delta_i)T_i} x^2 dN_{i-1}(x) + \sigma_{i-1}^2\right] + \Delta_i,$$

et, si $i = l_p$,

$$\sigma_i^2 + \int_{-T_i}^{T_i} x^2 dN_i(x) < \Delta_i, \qquad \int_{|x|>T_i} dN_i(x) < K.$$

Un ensemble de lois de probabilité quelconque satisfaisant aux conditions indiquées est un E′[$\mathfrak{L}$].

La fonction caractéristique d'une loi quasi-stable différente de la loi de Gauss peut être mise sous la forme

$$\exp\left\{iat + C_1\int_{-\infty}^{0}\left(e^{itx} - 1 - \frac{itx}{1+x^2}\right)\frac{dx}{x^{1+\alpha}} + C_2\int_0^{\infty}\left(e^{itx} - 1 - \frac{itx}{1+x^2}\right)\frac{dx}{x^{1+\alpha}}\right\}.$$

Les lois d'une même classe sont caractérisées par le rapport $\beta = C_1/C_1 + C_2$ et la constante α; une telle classe sera désignée par $K_{\alpha,\beta}$, la loi de Gauss par $K_{2,\beta}$ ou K_2. Un ensemble de classes F sera caractérisé par l'ensemble caractéristique des points α, β correspondant aux classes $K_{\alpha,\beta}$ de F, l'ensemble caractéristique contenant le segment $\alpha = 2$, $0 \leq \beta \leq 1$ si F contient la loi de Gauss.

Corollaire. — *Pour qu'un ensemble de classes quasi-stables soit un* E′[$\mathfrak{L}$], *il faut et il suffit que l'ensemble caractéristique forme un continu (pouvant se réduire à un point) ou que la réunion de l'ensemble caractéristique et du segment* $\alpha = 0$, $0 \leq \beta \leq 1$ *forme un continu.*

GÉOMÉTRIE. — *Sur les sextiques à 8 rebroussements.*
Note de M. **Roger Apéry**, présentée par M. Élie Cartan.

Cette Note a pour but de rechercher les conditions pour que 8 points distincts donnés $A_1, A_2, \ldots, A_8$ puissent être les rebroussements d'une sextique Σ. Supposons d'abord que le 9e point-base A_9 du faisceau de cubiques passant par $A_1, A_2. \ldots, A_8$ soit distinct des autres. Une cubique de ce faisceau coupe Σ en 2 points corésiduels de A_9 compté 2 fois, c'est-à-dire en 2 points alignés avec le tangentiel T de A_9 sur Γ. Remarquons que A_9 ne peut être sur Γ.

Recherche du lieu de T (les résultats ci-dessous se déduisent du théorème du reste) :

Cas général, pas de couple de points A_i alignés avec A_9.
Le lieu de T est la quartique K admettant A_9 comme point triple et passant par $A_1, A_2, \ldots, A_8$.

Cas particulier I, la droite A_1A_2 passe par A_9.
Le lieu de T est la cubique K admettant A_9 comme point double et passant par $A_3, \ldots, A_8$.

Cas particulier II, les droites A_1A_2 et A_3A_4 passent par A_9.
Le lieu de T est la conique K passant par A_5, A_6, A_7, A_8, A_9.

Cas particulier III, les droites A_1A_2, A_3A_4 et A_5A_6 passent par A_9.
Le lieu de T est la droite A_7A_8.

Cas particulier IV, les droites A_1A_2, A_3A_4, A_5A_6 et A_7A_8 passent par A_9; les points A_i se correspondent deux à deux dans une même homologie harmonique, A_9 est d'inflexion, T est fixe.

Étude des cas où le lieu de T *n'est pas une droite* (ni un point). — La droite D joignant M et M′ coupe K, outre le point T, en des points que j'appellerai U.

A un point T correspondent 3, 2 ou 1 point U, intersections de K avec la droite D correspondant à T; à un point U correspondent k points T.

Si les A_i situés sur K sont points doubles de Σ, ils sont obtenus deux fois comme points U. Si de plus, ce sont des rebroussements, ils sont de diramation.

Cas général, correspondance (3, 2); 6 points de diramation.
Cas particulier I, correspondance (2, 2); 4 points de diramation.
Cas particulier II, correspondance (1, 2); 2 points de diramation.

Les A_i situés sur K ne peuvent être de diramation que si tous les points U sont de diramation, c'est-à-dire si D est tangente à K. Dans le cas général,

la sextique passerait par A_9, ce qui est impossible. Dans le cas I, il en serait de même sauf si K était une cubique admettant A_9 pour rebroussement, A_1A_2 étant la tangente de rebroussement; dans cette dernière hypothèse, A_1 pourrait être de rebroussement s'il était sur la tangente d'inflexion à K, mais A_2 ne le serait pas. Dans le cas II, pour que Σ ne passe pas par A_9, il faut que A_3A_4 soit tangente à K : en ce cas, A_1 et A_2 n'étant pas tous deux sur K ne peuvent être tous deux des rebroussements.

Étude du cas particulier III. — Par un point de la droite A_7A_8 on ne peut mener qu'une droite D. Si A_7 et A_8 sont des rebroussements, l'enveloppe de D est une cubique cuspidale admettant A_7A_8 comme tangente inflexionnelle.

Les 3 tangentes menées de A_9 à la cubique sont A_1A_2, A_3A_4, A_5A_6.

Pour que A_1 et A_2 soient des rebroussements sur Σ, il faut que les tangentes à la cubique menées de A_1 et A_2, autres que A_1A_2, soient confondues, ce qui est impossible.

Étude du cas particulier IV. — Soient x le paramètre de D, y le paramètre de la tangente Δ en A_9 à Γ; ρ_1, ρ_2, ρ_3, ρ_4 les paramètres des droites A_1A_2, A_3A_4, A_5A_6, A_7A_8.

Le problème revient à trouver 4 nombres σ_1, σ_2, σ_3, σ_4 et une correspondance (3, 1) telle que, pour $x=\rho_i$,

$$y'=\rho_i, \quad y''=\sigma_i, \quad y'''=\sigma_i.$$

Un petit calcul montre que la condition nécessaire et suffisante est

$$(\rho_1, \rho_2, \rho_3, \rho_4)=j \text{ (ou } -j^2).$$

Il reste à étudier le cas où A_9 est confondu avec A_8 qui se subdivise en 2.

Cas particulier V. — A_9 est confondu avec A_8 et le tangentiel T de A_9 est mobile.

L'enveloppe de D est une conique qui doit passer par A_1, A_2, ..., A_7, ce qui est impossible.

Cas particulier VI. — A_9 est confondu avec A_8 et le tangentiel de A_9 est le point fixe A_7.

La correspondance entre la droite D et la cubique est une correspondance (2, 1).

Pour que A_1, A_2, ..., A_6 soient des rebroussements, il faut que les droites A_7A_1, ..., A_7A_6 soient de diramation et il ne peut y avoir que 3 droites de diramation.

On a donc établi le résultat suivant :

La condition nécessaire et suffisante pour qu'il existe une sextique admettant 8 rebroussements donnés $A_1, A_2, \ldots, A_8$, est que ces 8 points se correspondent deux à deux dans une même homologie harmonique et que les droites joignant les couples homologues forment un faisceau équianharmonique.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Remarque sur les polynomes trigonométriques.* Note (¹) de M. **J. Favard**, présentée par M. Gaston Julia.

1. Théorème. — *Considérons un polynome trigonométrique réel*

$$P_n(x) = \frac{1}{2}\sum_{-n}^{+n} C_k e^{i\lambda_k x} \qquad (\lambda_0 = 0;\ \lambda_k = \lambda_{-k};\ \lambda_i < \lambda_{i+1};\ C_k = \overline{C}_{-k})$$

et posons

$$\delta = \min(\lambda_{i+1} - \lambda_i);$$

il existe alors, pour tout nombre l, une constante $K(l, \delta)$, indépendante de n et de a, et telle que

$$\sum_{-n}^{+n} |C_k|^2 \geqq K(l, \delta)\int_a^{a+l} P_n^2(x)\,dx.$$

Il suffit de considérer le cas où $a = -(1/2)l$. On a d'abord

$$\text{(1)} \qquad \int_{-h}^{+h} P_n^2(x)\,dx = \frac{h}{2}\sum_{-n}^{+n}|C_k|^2 + R(h)$$

avec

$$R(h) = \frac{1}{2}\sum_{k\neq l} C_k \overline{C}_l \frac{\sin(\lambda_k - \lambda_l)h}{\lambda_k - \lambda_l}.$$

De là

$$\left|\int_{\frac{l}{2}}^{l} R(h)\,dh\right| \leqq \sum_{k\neq l}\frac{|C_k C_l|}{(\lambda_k - \lambda_l)^2} \leqq \frac{1}{2}\sum_{k\neq l}\frac{|C_k|^2 + |C_l|^2}{(\lambda_k - \lambda_l)^2} = \sum_{k=-n}^{n}|C_k|^2\sum_{l\neq k}\frac{1}{(\lambda_k - \lambda_l)^2},$$

et par suite

$$\left|\int_{\frac{l}{2}}^{l} R(h)\,dh\right| \leqq \frac{\pi^2}{3\delta^2}\sum_{-n}^{+n}|C_k|^2.$$

(¹) Séance du 13 novembre 1939.

Dans l'intervalle $(l/2, l)$ il existe donc un nombre ξ tel que

$$|B(\xi)| \leqq \frac{2\pi^2}{3\delta^2 l} \sum_{-n}^{+n} |C_k|^2.$$

Faisons $h = \xi$ dans (1), nous obtenons

$$\int_{-\frac{l}{2}}^{\frac{l}{2}} P_n^2(x)\,dx \leqq \int_{-\xi}^{\xi} P_n^2(x)\,dx \leqq \left(\frac{\xi}{2} + \frac{2\pi^2}{3\delta^2 l}\right) \sum_{-n}^{+n} |C_k|^2 \leqq \left(\frac{\delta}{2} + \frac{2\pi^2}{3\delta^2 l}\right) \sum_{-n}^{+n} |C_k|^2,$$

et notre résultat se trouve ainsi démontré.

La forme trouvée pour la quantité K montre que, pour l donné, il existe un nombre $\delta_0 = \delta_0(l)$, et une quantité $B(l)$, tels que, si $\delta \leqq \delta_0$, on ait

$$\sum_{-n}^{+n} |C_k|^2 \geqq B(l) \int_a^{a+l} P_n^2(x)\,dx.$$

2. M. N. Wiener ([2]) a, d'autre part, démontré l'existence d'un nombre $\delta_1(l)$ et d'une quantité $A(l)$, tels que, pour $\delta > \delta_1(l)$, on ait

$$\sum_{-n}^{+n} |C_k|^2 \leqq A(l) \int_a^{a+l} P_n^2(x)\,dx.$$

En prenant $M(l) = A(l)/B(l)$, on voit donc que, pour δ suffisamment grand, on a, quels que soient a et b,

$$\frac{1}{M(l)} \leqq \frac{\int_a^{a+l} P_n^2(x)\,dx}{\int_b^{b+l} P_n^2(x)\,dx} \leqq M(l).$$

Lorsque δ est donné, et quand l croît, on voit facilement que $M(l)$ décroît; par suite, pour δ donné, il existe un nombre l_0 et une quantité $M(l_0) = M$, tels que, pour tout $l \geqq l_0$,

$$\frac{1}{M} \leqq \frac{\int_a^{a+l} P_n^2(x)\,dx}{\int_b^{b+l} P_n^2(x)\,dx} \leqq M$$

([2]) *A class of gap theorems* (*Annali di Pisa*, **2**, 1934, p. 367-372). Ce résultat de M. Wiener a été démontré à nouveau par J. Marcinkiewicz et A. Zygmund, *Duke math. Journal*, **4**, 1938, p. 469-472. La méthode de démonstration employée ici (§ **1**) est celle des deux auteurs polonais.

3. Les hypothèses étant les mêmes que dans le théorème, considérons la série

$$\frac{1}{2}\sum_{-\infty}^{+\infty} C_k e^{i\lambda_k x}; \qquad \sum_{-\infty}^{+\infty} |C_k|^2 < \infty; \qquad \lambda_{i+1} - \lambda_i \geq \delta,$$

les résultats précédents et ceux, classiques, de Fischer et F. Riesz, montrent que les sommes

$$\frac{1}{2}\sum_{-n}^{+n} C_k e^{i\lambda_k x}$$

convergent en moyenne, dans tout intervalle fini, vers une fonction, définie presque partout pour $-\infty < x < +\infty$, et presque périodique S^2 et dont la série de Fourier est la série ci-dessus. On voit aussi qu'une fonction définie par une série de cette sorte, où les exposants λ_k sont donnés, présente le genre suivant de quasi-analyticité : elle est déterminée presque partout par les valeurs qu'elle prend sur un intervalle de longueur finie, mais suffisamment grand.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les propriétés descriptives des ensembles de points de divergence des séries trigonométriques.* Note de M. **Raphaël Salem**, transmise par M. Paul Montel.

Nous avons montré [1] que, dans la série

$$(1) \qquad \sum_{1}^{\infty} r_n e^{2\pi i(nx - s_n)} \qquad (0 \leq x < 1),$$

on pouvait, en considérant les $r_n \geq 0$ comme donnés, déterminer les s_n pour que l'ensemble E des points de divergence de la série soit de deuxième catégorie, ceci sous la condition que la divergence de la série Σr_n ne soit pas trop lente.

Une modification de notre raisonnement nous permet de nous affranchir de cette condition. Autrement dit, quels que soient les r_n, tels seulement que Σr_n diverge, on peut toujours déterminer les s_n pour que E soit un *résiduel*, au sens de M. Denjoy, donc un ensemble de deuxième catégorie.

Le principe de la démonstration reste le même. $\varphi(\nu)$ étant une fonction

[1] *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 832.

positive indéfiniment croissante, définie pour $\nu \geqq 0$, entière pour ν entier, nous prendrons

$$s_n = u_1 + u_2 + \ldots + u_n,$$

où les u sont déterminés ainsi : les $\varphi(0)$ premiers u sont nuls; les $\varphi(1)$ suivants égaux à $0/1$; les $\varphi(2)$ suivants à $1/1$; les $\varphi(3)$ suivants à $0/2$; les $\varphi(4)$ suivants à $1/2$; les $\varphi(5)$ suivants à $2/2$; et ainsi de suite, en considérant toutes les fractions $p/q\,(0 \leqq p \leqq q)$; la fraction p/q sera donc répétée $\varphi[q(q+1)/2+p]$ fois; de plus, elle apparaîtra pour la première fois dans la suite des u au rang

$$n+1 = \varphi(0) + \varphi(1) + \ldots + \varphi\left[\frac{q(q+1)}{2} + p - 1\right] + 1.$$

Considérons alors la somme partielle des termes de la série (1) depuis le rang $n+1$ jusqu'au rang $n + \varphi[q(q+1)/2+p] = n + \varphi$ inclusivement

$$\sigma = \sum_{k=1}^{k=\varphi} r_{n+k}\, e^{2\pi i\left[(n+k)x - s_n - k\frac{p}{q}\right]} = e^{2\pi i(nx - s_n)} \sum_{k=1}^{k=\varphi} r_{n+k}\, e^{2\pi ik\left(x - \frac{p}{q}\right)}.$$

Si l'on a

$$(2) \qquad \left|x - \frac{p}{q}\right| < \frac{1}{8\varphi\left[\frac{q(q+3)}{2}\right]},$$

les arguments de tous les termes de la dernière somme sont compris entre $-\pi/4$ et $+\pi/4$; donc

$$|\sigma| > \frac{1}{\sqrt{2}}\left[r_{n+1} + r_{n+2} + \ldots + r_{n+\varphi}\right].$$

Or, la série Σr_n étant divergente, il existe une fonction $\psi(n)$, qu'on peut supposer croissante, telle que

$$r_{n+1} + r_{n+2} + \ldots + r_{n+\psi(n)} > 1.$$

Choisissons alors la fonction $\varphi(\nu)$ telle que

$$\varphi(\nu) \geqq \psi[\varphi(0) + \varphi(1) + \ldots + \varphi(\nu - 1)];$$

nous aurons

$$\varphi\left[\frac{q(q+1)}{2} + p\right] \geqq \psi(n) \qquad \text{et} \qquad |\sigma| > \frac{1}{\sqrt{2}}$$

pour tout x satisfaisant à (2). Il résulte de là que, pour tout nombre x

admettant l'approximation diophantienne (2), la série (1) diverge. Il suffit maintenant de remarquer que l'ensemble des points x satisfaisant à l'inégalité (2), pour une infinité de valeurs de q, est complémentaire d'un ensemble de première catégorie. D'où le résultat annoncé.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Tourbillons électroconvectifs instantanés dans les liquides isolants.* Note de M. **Douchan Avsec**, présentée par M. Henri Villat.

Si de nombreux expérimentateurs, et en particulier E. Warburg [1] et R. Hoffmann [2], ont constaté dans les liquides isolants l'apparition des mouvements sous l'action d'un champ électrique intense, ils ne semblent pas cependant avoir donné toute son importance à la partie hydrodynamique du phénomène. Aussi ai-je réalisé, en 1936-1937, en collaboration avec M. Luntz [3], sur différents liquides isolants, une série d'expériences par lesquelles nous avons démontré l'existence et précisé les caractères des *tourbillons électroconvectifs*.

En 1938-1939, j'ai repris personnellement ces recherches, aussi bien dans les liquides que dans les gaz. Dans la Note présente je décrirai seulement les tourbillons électroconvectifs *instantanés* que j'ai produits dans une nappe d'huile minérale.

Le dispositif expérimental est exactement le même que celui qui a servi à la production des tourbillons cellulaires *permanents* [3], en remplaçant toutefois la cuve métallique par une cuve cylindrique isolante, à fond de verre et à parois de paraffine. Dans ces conditions, dès l'application du champ électrique, on observe une brusque apparition des tourbillons cellulaires, qui s'amortissent en quelques secondes; c'est pourquoi je les appelle tourbillons *instantanés*.

Les dépressions à la surface libre sont beaucoup moins fortes que dans le cas des tourbillons permanents dans une cuve métallique; j'obtiens une excellente image des dénivellations par une technique courante au laboratoire; j'éclaire la surface de la nappe par une source très étendue, constituée ici par un diffuseur de verre opale. La moindre perturbation de la

---

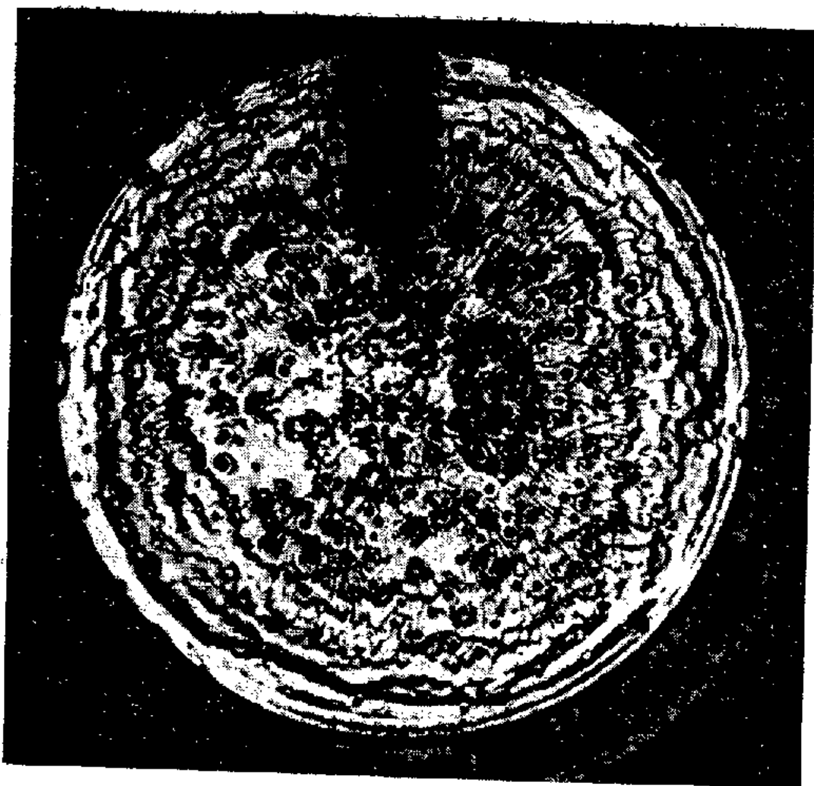
(1) *Ann. d. Phys. u. Ch.*, 54, 1895, p. 396-433.

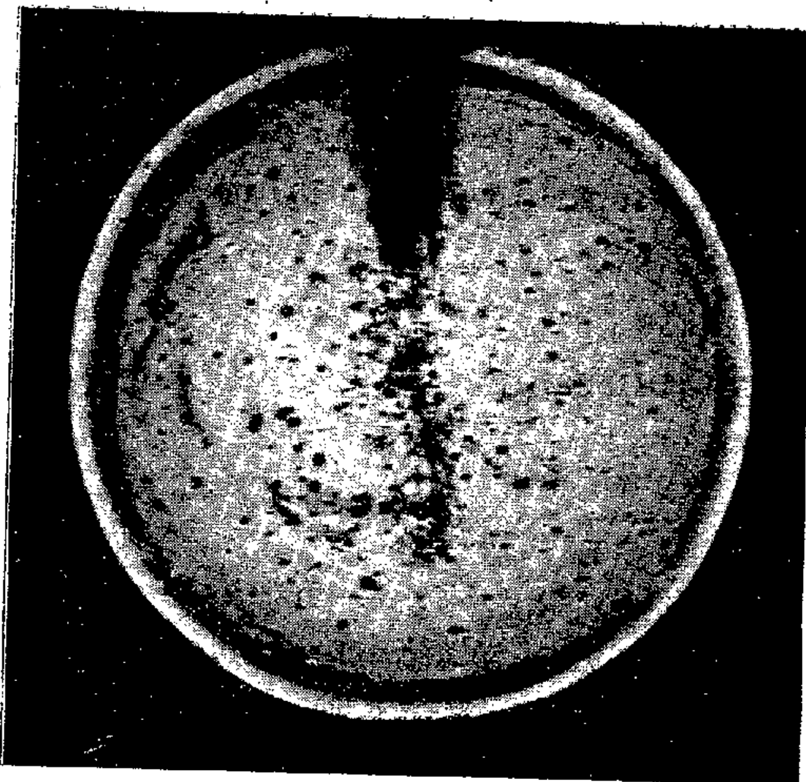
(2) *Zeitschr. für Phys.*, 92, 1934, p. 759-795.

(3) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1140; 204, 1937, p. 420 et p. 757.

surface se manifeste alors par des effets lumineux très vifs : les endroits élevés réfléchissent la lumière, tandis que les endroits en dépression apparaissent plus ou moins foncés.

Les deux photographies (*fig.* 1 et 2) reproduisent deux phases des tour-


Fig. 1.


Fig. 2.

billons instantanés dans une nappe d'huile (Shell, B. 14), épaisse de $2^{mm},35$ et d'un diamètre de 18^{cm}. La première, prise à l'instant même de l'application de la haute tension, est caractérisée par une forte agitation de la surface. On y voit, entre autres formations, un grand nombre de bourrelets circulaires brillants (indicateurs des courants ascendants) entourant des cavités foncées (signe des courants descendants). Dans la deuxième photographie, prise quelques secondes après la première, le tourbillonnement a presque cessé. Les points noirs indiquent les endroits des derniers tourbillons en disparition. Bientôt après, la surface redevient plane et uniformément brillante, à part un grand bourrelet formé près des bords de la cuve circulaire sous l'effet de la pression produite par le vent électrique.

Je crois pouvoir expliquer les tourbillons *instantanés* exactement comme les tourbillons *permanents* par un triage des porteurs (vraisemblablement des agrégats de molécules) des charges négatives et positives, distribués dans la masse liquide électriquement neutre. Au début du phénomène, le triage s'effectue suivant le même mécanisme cinématique qui produit les tourbillons cellulaires thermoconvectifs, en évitant la rencontre des masses

dirigées en sens opposés. Mais, dans l'expérience actuelle, en l'absence de la deuxième électrode, les porteurs d'électricité ne peuvent abandonner leurs charges et être ensuite repoussés; le mouvement permanent ne peut s'établir, et la viscosité arrête le mouvement tourbillonnaire initial dès que tous les porteurs des charges négatives et positives ont été séparés les uns des autres et qu'il s'est produit une véritable polarisation molaire du liquide.

L'explication précédente comporte une vérification immédiate. Quand on supprime le champ électrique, on observe dans la couche liquide un choc tourbillonnaire analogue à celui qui se produit lors de l'installation de ce champ; le mouvement s'atténue et disparaît lorsque s'est effectué le mélange parfait des porteurs des charges positives et négatives, c'est-à-dire le rétablissement de l'équilibre électrique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude des associations moléculaires du cholestérol par les spectres d'absorption dans le proche infrarouge.* Note de Mlle **Cécile Stora** et M. **René Freymann**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les spectres d'absorption dans le proche infrarouge de substances renfermant le groupement OH dans leur molécule montrent deux bandes $3\nu(OH)_{\varrho}$ et $3\nu(OH)_{s}$ caractéristiques respectivement des molécules non associées et associées [1]. Rappelons que des associations moléculaires peuvent d'ailleurs se produire soit entre les molécules d'une même substance (alcool par exemple), soit entre les molécules de deux substances différentes (alcool + éther, alcool + aniline par exemple) [1]. Ces études dans le spectre infrarouge et les études aux rayons X ont conduit à utiliser l'hypothèse de la *liaison hydrogène*.

Il nous a paru utile d'étendre à des substances biologiques intéressant la structure de la cellule, les résultats obtenus jusqu'ici pour des substances plus simples; on sait que J. D. Bernal et D. Crowfoot [2] ont déjà émis cette hypothèse que les molécules de stérols ou d'hormones ayant un OH en C_3 s'associent au sein de leurs cristaux par *liaison hydrogène*.

Nous avons étudié plus spécialement la région spectrale voisine de 0,96 μ

(1) R. Freymann, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1063; 204, 1937, p. 41; *J. Phys.*, 9, 1938, p. 517; 10, 1939, p. 1.
(2) *Zeits. f. Krist.*, 93, 1936, 64.

où se trouve la bande $3\nu(OH)_v$; nous avons examiné le cholestérol, l'ovolécithine et leur mélange.

I. *Cholestérol.* — L'étude du cholestérol a fourni des résultats analogues à ceux obtenus pour les alcools ([1]) :

A. Le cholestérol fondu, à 150°C., présente une bande $3\nu(OH)_v$ à 0,9674 μ; cette bande n'est d'ailleurs si intense que parce que la température élevée a favorisé la destruction des associations moléculaires (*fig.* A).

La figure B *met d'ailleurs nettement en évidence l'association du cholestérol :* comme pour les alcools, lorsqu'on dilue le cholestérol dans CCl^4, l'intensité de la bande $3\nu(OH)_v$ augmente. Notons (*fig.* C) que pour une même concentration de 10 %, le chloroforme désassocie plus que le tétrachlorure de carbone, et celui-ci plus que le benzène.

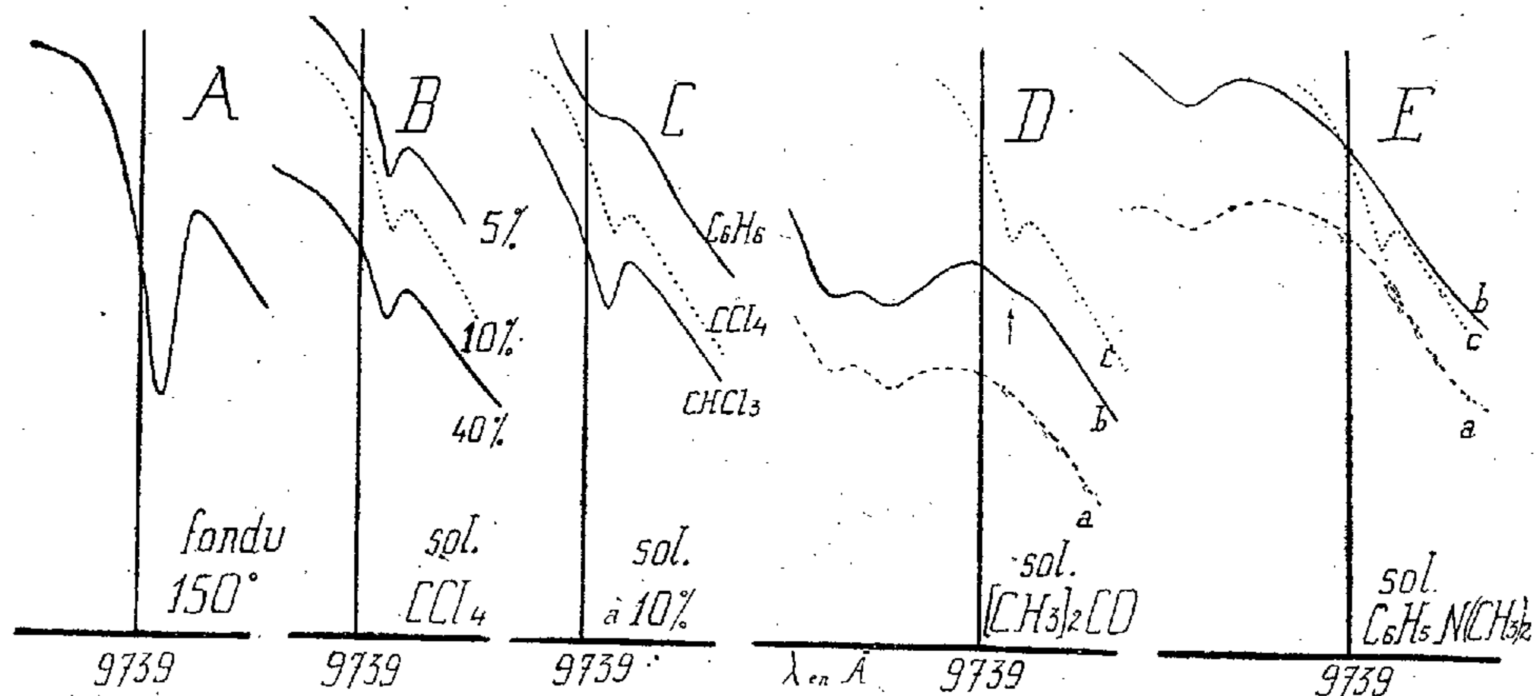


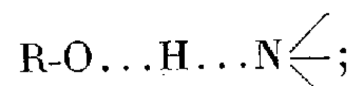
Fig. D. — *a*, acétone; *b*, (cholestérol à 10 % dans CCl^4, 1 volume) + (acétone, 1 volume); *c*, cholestérol à 10 % dans CCl^4.

Fig. E. — *a*, diméthylaniline; *b*, cholestérol à 10 % dans diméthylaniline; *c*, cholestérol à 10 % dans CCl^4.

B. *Des associations peuvent également se produire entre le cholestérol et diverses molécules : éther, acétone, aniline, etc. :*

1° Association entre cholestérol et acétone ou éther R-O...H...O<. L'absence de la bande $3\nu(OH)_v$ pour une solution à 10 % de cholestérol dans l'acétone montre bien (*fig.* D) l'existence de cette très forte association entre molécules de nature différente (la dilution, volume à volume, de cette solution dans CCl^4 ne supprime d'ailleurs pas l'association); mêmes résultats pour les mélanges cholestérol-éther.

2° Association entre cholestérol et aniline ou diméthylaniline



mêmes conclusions que pour 1° (voir *fig.* E).

3° Association entre cholestérol et iodure de palmityldiéthylamino-éthanol, R-COO$(CH^2)^2$—N$\langle^{(C^2H^5)^2}_{H}$ I (solution à 10 % dans CCl^4 d'un mélange équimoléculaire). Nos résultats tendent à montrer qu'il n'y a pas association entre ces deux corps, à moins que celle-ci, fragile, ne soit détruite du fait de la dilution dans CCl^4.

II. *Ovolécithine*. — L'examen du spectre vers 0,96 μ montre que *l'ovolécithine en solution dans le chloroforme ou le tétrachlorure de carbone ne présente pas la bande caractéristique du groupement* OH. Il conviendrait donc d'admettre, en accord avec divers chimistes, soit l'existence d'un anhydride interne ([3]), soit l'existence d'un phénomène de *chélation* intra-moléculaire.

III. *Mélange cholestérol-ovolécithine.* — Étant donné le rôle que joue dans la membrane de la cellule le cholestérol et la lécithine, on pouvait se demander si ces deux substances peuvent s'associer entre elles et rechercher cette association par le spectre infrarouge; malheureusement, comme on a dû employer une solution dans CCl^4 et non un milieu aqueux, cette association n'a pu être mise en évidence, peut-être à cause du pouvoir *désassociant* de CCl^4.

En résumé, l'examen des spectres d'absorption dans le proche infra-rouge montre que le cholestérol, comme tous les alcools, est associé; en outre les molécules de cholestérol peuvent s'associer avec l'acétone, l'éther, l'aniline, la diméthylaniline, etc.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage de l'azote, sous forme de* NH^3, *des urées monosubstituées, uréthanes, allophanates et semicarbazones*. Note de M. **Santiago Rovira**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons décrit ([1]) une méthode de dosage de l'azote des amides et des nitriles, fondée sur l'action d'un agent d'hydrolyse puissant et permettant d'opérer à température élevée : la potasse benzylique. En dosant non

([3]) E. Fourneau et M. Piettre, *Bull. Soc. Chim. France*, **11**, 1912, p. 805.

([1]) L. Palfray, S. Sabetáy et S. Rovira, *Comptes rendus*, **209**, 1939, p. 483.

plus la potasse restante, mais NH^3 dégagé, nous éliminons le rôle de l'attaque du verre et l'usage obligatoire et peu sûr d'un témoin.

En vue d'élargir le domaine d'application de cette méthode, nous avons essayé de doser, de la même façon, certains autres composés plus difficilement saponifiables, tels que les allophanates et semicarbazones, si utiles pour l'identification des alcools et composés carbonylés respectivement.

En effet, la méthode de Dumas nécessite un appareillage un peu spécial, et la méthode de Kjeldahl impose deux opérations distinctes : la minéralisation et la distillation; sa précision courante est de l'ordre de 0,5 % au plus. Dans le cas des semicarbazones, il faut recourir à la modification de Veibel (²) pour doser convenablement un atome d'azote sur trois.

Notre technique à l'alcool benzylique, qui convient bien à ces cas, offre cependant encore l'inconvénient de n'être pas toujours assez rapide, puisque avec certains de ces composés, particulièrement résistants, quatre heures de chauffage, à l'ébullition de l'alcool benzylique, ont été parfois insuffisantes.

Mais, puisque ces allophanates et semicarbazones, que nous mettons en œuvre, sont solides et ne se volatilisent pas aux températures élevées, nous avons pensé qu'il n'y avait aucun inconvénient à augmenter la température de réaction.

Pour cela, nous avons donc substitué à l'alcool benzylique le glycérol (Éb. 290°), dans lequel la potasse est soluble. Nous avons en même temps élevé la concentration en potasse, la portant de 10 à 20ᵍ %.

Dans ces conditions, nous avons pu raccourcir notablement la durée de l'opération : 90 minutes au maximum pour les allophanates, 120 minutes pour les semicarbazones, soit une réduction de plus de la moitié.

Pour les allophanates, et aussi les uréthanes, tout l'azote est transformé en NH^3, pour les urées monosubstituées un seul atome sur deux se transforme en NH^3, dans le cas de semicarbazones un seul atome donne NH^3, exactement comme dans la méthode de Veibel.

Si l'on avait à faire un grand nombre de dosages, il serait avantageux, pour éviter l'attaque du verre, de recourir à l'emploi d'un ballon en cuivre ou en argent.

Notons qu'une variante récente de la méthode de dosage de l'azote par minéralisation alcaline, à la température de 180° (³), inspirée, comme la

(²) *Bull. Soc. Chim.*, **41**, 1927, p. 1410.

(³) G. Rocchi et R. Del Monte, *Chim. e Ind.* (Milan), **20**, 1938, p. 546.

nôtre, du souci d'élever la température de réaction, a retenu notre attention. Mais elle offre l'inconvénient d'obliger à opérer sous pression, à l'autoclave, alors que la nôtre, dans tous les cas où elle s'applique, n'exige qu'un appareillage plus simple, plus maniable, et est peut-être aussi plus précise.

Comme on le verra, en effet, par les chiffres du tableau ci-dessous, si dans le plus mauvais cas, celui de l'allophanate de géranyle, l'erreur atteint 0,35 par rapport à la valeur théorique, ordinairement elle ne dépasse pas 0,2, ce qui peut être considéré comme très satisfaisant. Elle est même souvent beaucoup moindre, c'est-à-dire de la valeur correspondant à la dernière goutte d'acide N/10.

			N %	
		Poids.	trouvé.	calculé.
Amygdaline	$C^{20}H^{27}O^{11}N + 3H^2O$	0,1717	2,84	2,77
Urée (¹)	CH^4ON^2	0,0342	46,62	46,66
Monophénylurée	$C^7H^8ON^2$	0,0790	10,57	10,29
p-Éthoxyphénylurée	$C^9H^{12}O^2N^2$	0,0965	7,53	7,77
Uréthane éthylique	$C^3H^7O^2N$	0,0893	15,72	15,73
Uréthane isobutylique	$C^5H^{11}O^2N$	0,1169	12,01	11,96
Diphénylurée symétrique	$C^{13}H^{12}ON^2$	0,1034	0,00	13,20
Allophanates de :				
Butyle	$C^6H^{12}O^3N^2$	0,0803	17,50	17,50
Benzyle	$C^9H^{10}O^3N^2$	0,0995	14,75	14,43
Xylènyle	$C^{10}H^{12}O^3N^2$	0,1030	13,48	13,46
Cyclohexyle	$C^8H^{14}O^3N^2$	0,0933	15,03	15,05
Géranyle	$C^{12}H^{20}O^3N^2$	0,2109	11,31	11,66
Phénéthoxyéthyle	$C^{12}H^{16}O^4N^2$	0,1207	10,98	11,11
Phénylpropoxyéthyle	$C^{13}H^{18}O^4N^2$	0,0985	10,41	10,52
Phénylpropoxypropyle	$C^{14}H^{20}O^4N^2$	0,0924	10,09	10,00
Semicarbazones de :				
Acétone	$C^4H^9ON^3$	0,1209	12,27	12,17
Heptanal	$C^8H^{17}ON^3$	0,1716	8,18	8,18
Benzaldéhyde	$C^8H^9ON^3$	0,1324	8,76	8,58
Phénylméthylcétone	$C^9H^{11}ON^3$	0,1770	7,75	7,90
p-Méthylcyclohexanone	$C^8H^{15}ON^3$	0,1703	8,20	8,28
Aldéhyde *p*-méthylcyclohexoxy-acétique	$C^{10}H^{19}O^2N^3$	0,1658	6,56	6,57
Aldéhyde salicylique	$C^8H^9O^2N^3$	0,1775	7,91	7,82
Aldéhyde cuminique	$C^{11}H^{15}ON^3$	0,1985	6,67	6,82

(¹) Analysée ici de nouveau pour la comparer aux urées substituées.

Comme on le voit, la sensibilité de la méthode est très supérieure à celle de Kjeldahl et la mise en œuvre bien plus simple. En outre, comme des essais préliminaires nous l'ont déjà montré, elle paraît applicable, telle quelle, en semi-micro et même en micro-analyse.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action du chlore sur l'oxyde de calcium.* Note de MM. **Marcel Lemarchands** et **Ernesto Matiz Umana**, présentée par M. Paul Lebeau.

L'action directe du chlore anhydre sur l'oxyde de calcium anhydre ne s'effectue que superficiellement. Le phénomène d'inertie chimique étudié par l'un de nous explique que la surface de l'oxyde est seule atteinte et l'attaque s'arrête immédiatement.

L'industrie produit le chlorure de chaux par l'action du chlore sur l'hydroxyde de calcium contenant un excès de 4 à 5 % d'eau. L'eau détermine donc la cessation du phénomène d'inertie chimique. Par quel mécanisme? C'est la question que nous nous sommes proposée de résoudre.

Pour cela nous avons fait réagir du chlorure à froid sur des oxydes de calcium obtenus par calcination du carbonate de calcium précipité pur. Ces oxydes ont été hydratés diversement de 5,8 à 85 %. Nous n'avons pas été jusqu'à l'hydratation 100 % correspondant à $Ca(OH)^2$ pur.

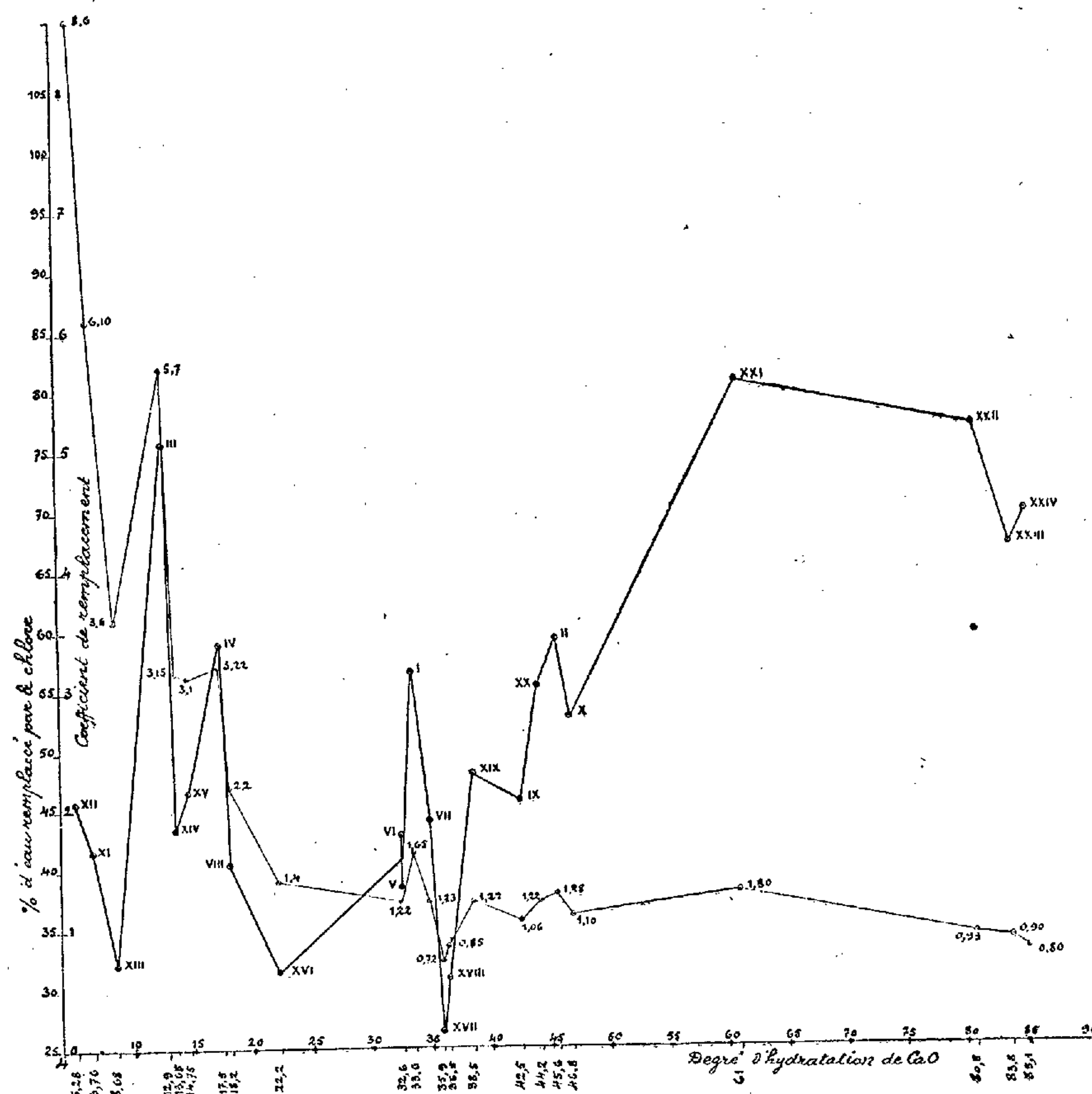
Les résultats obtenus sont représentés par les courbes ci-après :

1° La courbe en traits forts (% d'eau remplacé par Cl^2 dans l'expérience en fonction du degré d'hydratation de la chaux) montre que ce pourcentage ne semble pas dépendre du degré d'hydratation pour les taux d'hydratation inférieurs à 45 %, qu'il augmente au contraire quand ce taux dépasse 50 %. Il en résulte que plus l'oxyde de calcium est hydraté, plus facile est le remplacement de l'eau par le chlore (à partir de ce taux de 50 %), ce qui est évidemment en accord avec l'hypothèse présentée.

2° La courbe en traits fins qui a la forme d'une hyperbole donne la valeur des coefficients de remplacement. Celui-ci mesure la quantité relative d'eau déplacée par unité de pourcentage d'eau d'hydratation. L'expérience montre que ce coefficient diminue de 8 à 0,8 lorsqu'on passe des très faibles taux d'hydratation aux très forts. L'explication qui s'ensuit est que l'eau déplacée dans le premier cas trouve facilement à se fixer sur l'oxyde anhydre qui existe en très forte proportion dans le mélange soumis à la chloruration, et peut être à nouveau déplacée par le chlore. Elle intervient

plusieurs fois dans ce sens, tandis que lorsque l'oxyde est fortement hydraté, elle a évidemment beaucoup moins de chance pour jouer le rôle de catalyseur.

Ainsi donc le rôle de l'eau, le mécanisme par lequel elle intervient dans



la chloruration du chlorure de chaux sont bien établis. Chassée par le chlore d'après la réaction exorthermique



$$CaO.H^2O + Cl^2 \rightarrow CaOCl^2 + H^2O + 46 \text{ kj},$$

elle va hydrater une nouvelle quantité d'oxyde qui peut alors subir à son tour l'action du chlore. Il est évident alors qu'une hydratation totale favorise la formation de $CaOCl^2$. L'excès d'eau nécessaire (4 à 5 %) utilisé dans la pratique correspond à l'absorption de cette eau par le chlorure de chaux très hygroscopique.

Des conséquences de cette manière de voir sont également bien vérifiées par nos expériences. Ainsi un courant de chlore pur provoque une chloruration moins grande, un dégagement de chaleur plus considérable que le chlore dilué. L'élévation de température accroît la vitesse d'absorption de l'eau par $CaOCl^2$ (très hygroscopique). L'eau ainsi fixée n'est plus libre pour hydrater l'oxyde anhydre : il s'ensuit que la chloruration est moins parfaite.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur quelques complexes formés par l'acide molybdique en solution aqueuse.* Note de Mme **Hugues Frey** (**Zina Soubarew**), présentée par M. Paul Lebeau.

On sait que l'acide molybdique forme en solution aqueuse des combinaisons complexes avec un grand nombre de composés organiques tels que les polyalcools et les polyphénols.

J'ai étudié en particulier un composé d'addition avec la mannite, et j'ai montré que son sel d'ammonium est un complexe parfait (1). On peut se demander d'une part si des complexes analogues peuvent se produire avec des composés organiques possédant d'autres fonctions, et d'autre part si la dissimulation des constituants n'est pas liée à l'existence des groupes hydroxyles.

J'ai pu en effet isoler des composés d'addition cristallisés par action de l'acide molybdique sur le glycocolle, l'urotropine, l'antipyrine, l'imidazol et son dérivé le (*d*)-arabo-tétrahydroxybutyl-4 (ou 5) imidazol (2), en solution aqueuse. Toutes ces combinaisons ont, à l'eau de cristallisation près, la même composition moléculaire : ils contiennent $2MoO^3$ pour 1^{mol} du corps organique. D'ailleurs les courbes des variations de la conductibilité électrique de solutions d'acide molybdique, auxquelles on ajoute des quantités croissantes de ces différents corps, présentent, dans tous les cas, un point anguleux pour les proportions indiquées.

Le dimolybdate de glycocolle ($2MoO^3C^2H^5O^2N, H^2O$) cristallise en longues aiguilles très peu solubles dans l'eau froide, plus solubles à chaud et accuse un pH 2,8 en solution 0,01 M.

Le dimolybdate d'urotropine ($2MoO^3C^6H^{12}N^4, 3H^2O$) se présente en cristaux rhomboédriques peu solubles dans l'eau à froid, d'un pH 4,5.

Le dimolybdate d'antipyrine ($2MoO^3 C^{11}H^{12}ON^2, H^2O$) forme un précipité volu-

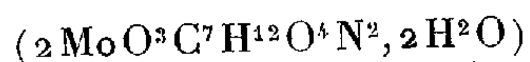
(1) Mme Zina Soubarew-Chatelain, 208, 1939, p. 1652.

(2) J. Parrod, *Ann. de Chim.*, 10e série, 19, 1933, p. 236.

mineux jaune citron, très peu soluble dans l'eau et constitué par de fines aiguilles microscopiques.

Le dimolybdate d'imidazol ($2\,MoO^3C^3H^4N^2, H^2O$) a l'aspect de cristaux rhomboédriques peu solubles dans l'eau; les solutions aqueuses 0,01 M accusent un pH 3,4.

Le dimolybdate de (*d*)-arabo-tétrahydroxybutyl-4 (ou 5) imidazol



$$(2\,MoO^3C^7H^{12}O^4N^2, 2\,H^2O)$$

est formé de prismes biréfringents.

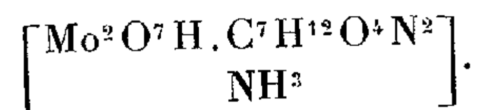
Les spectres d'absorption par réflexion dans l'ultraviolet de toutes ces combinaisons y révèlent la présence du radical Mo^2O^{7--} (3), sauf pour l'antipyrine dont l'absorption élevée masque la bande caractéristique de ce groupe.

Pour rechercher le degré de complexité de ces différents composés, j'ai employé la méthode conductimétrique utilisée précédemment (4) (5).

L'étude comparative de l'action de la soude sur ces corps montre que la combinaison de l'acide molybdique avec le (*d*)-arabo-tétrahydroxybutyl-4 (ou 5) imidazol présente les caractères d'un complexe parfait analogue à l'acide ammonio-mannitodimolybdique (4).

C'est un mono-acide relativement fort de pH 2,8 en solution 0,01 M, auquel on peut attribuer la formule $[Mo^2O^7H.C^7H^{12}O^4N^2]H^+$.

Il donne un sel d'ammonium bien cristallisé et très stable



$$\left[\begin{matrix} Mo^2O^7H.C^7H^{12}O^4N^2 \\ NH^3 \end{matrix}\right].$$

Les autres composés isolés se comportent comme des complexes imparfaits plus ou moins stables, ne présentent pas le caractère d'acide fort et sont détruits par les alcalis dilués.

Parmi les corps organiques étudiés le (*d*)-arabo-tétrahydroxybutyl-4 (ou 5) imidazol est le seul polyalcool, c'est aussi le seul qui donne avec l'acide molybdique un complexe parfait comparable à l'acide ammonio-mannitodimolybdique (5).

---

(3) Mme Zina Soubarew-Chatelain, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 580.

(4) P. Job, *Thèse*, Paris, 1921; Mme Zina Soubarew-Chatelain, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1652.

(5) L'action de la soude normale sur les solutions aqueuses d'imidazol, suivie par cette méthode conductimétrique, montre que l'imidazol possède un ion hydrogène qui peut être neutralisé par une molécule de soude. L'addition d'une nouvelle quantité de soude provoque un changement intramoléculaire. En effet l'équilibre ne s'établit qu'au bout de quelques minutes, sans toutefois changer la valeur de la conductibilité et l'excès de soude n'agit plus ensuite sur l'imidazol sodé.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques dérivés du cyclopentane.* Note [1] de MM. **Robert B. Rothstein** et **Mario Rothstein**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'étude de la condensation des oxydes d'éthylène avec les esters maloniques sodés nous a montré combien cette réaction est intéressante par les résultats théoriques auxquels elle nous a conduits, et la possibilité de créer de nouvelles séries de corps odorants, de la classe des lactones, jusqu'alors inconnus [2]. L'époxycyclopentane nous a semblé particulièrement intéressant à étudier. D'une part nous pourrions être renseignés sur le sens stérique de l'ouverture des époxycyclanes par le malonate d'éthyle sodé; d'autre part la présence du cyclopentane dans la structure moléculaire de certains produits naturels, tels la jasmone, nous permettait d'espérer un certain apport à la chimie des corps odorants et par là à la parfumerie même.

Cyclopentène. — Si les acides sulfurique et phosphorique se sont montrés de remarquables catalyseurs de déshydratation du cyclohexanol, il n'en est pas de même pour le cyclopentanol; sa déshydratation, dans les mêmes conditions opératoires, se fait avec des rendements bien moins élevés. Par contre, si l'on fait passer le cyclopentanol, à l'état de vapeur, sur la *porosité* Fourneau [3], maintenue dans un tube chauffé électriquement à 400°, le rendement en cyclopentène est quantitatif et le carbure obtenu présente un grand degré de pureté.

Chloro-2 cyclopentanol. — Ce corps, préparé d'abord par Meiser [4] et plus récemment par M. Godchot, M. Mousseron et R. Grange [5], a été préparé par nous, avec un rendement d'environ 60 à 70 %, dans les conditions suivantes. Agiter, soit à la machine à secousses dans une fiole fermée, soit dans un ballon muni d'un agitateur interne, un mélange contenant 90^{g} chlorurée (en solution aqueuse à 12 %), $37^{g},5$ acide acétique et 78^{g} cyclopentène, jusqu'à ce que la quantité de Cl OH dans l'eau reste constante. Les produits de réaction, pris dans l'éther, sont lavés d'abord avec une solution de CO^3HNa à 5 %, puis à l'eau. Sécher la solution éthérée sur SO^4Na^2 anhydre, chasser l'éther et rectifier le résidu dans le vide. La fraction qui passe à 81-82° sous 15^{mm} présente les constantes suivantes : $d_4^{22,5}$ 1,1686, $n_D^{22,5}$ 1,4782. D'après M. Godchot et ses collaborateurs, cette fraction serait *le chloro-2 cyclopentanol trans,*

(1) Séance du 13 novembre 1939.

(2) B. Rothstein, *Bull. Soc. Chim. France*, 5e série, 2, 1935, p. 80 et 1936.

(3) E. Fourneau et J. Puyal, *Bull. Soc. Chim. France*, 4e série, 31, 1922, p. 424.

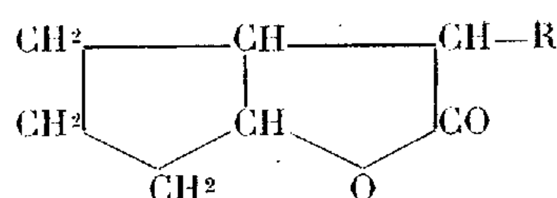
(4) *Ber. d. chem. Ges.*, 32, 1899, p. 2052.

(5) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 748.

l'isomère *cis* accompagnant, à la distillation, le dichlorocyclopentane dont il serait impossible de le séparer complètement.

Époxycyclopentane. — Après quelques heures d'agitation, à la température ordinaire, d'un mélange de 77^g chloro-2 cyclopentanol et 150^g lessive de soude à 36° B^é, ajouter la quantité d'eau nécessaire pour dissoudre le NaCl précipité. Prendre le liquide surnageant dans l'éther, laver la solution éthérée à l'eau, puis la sécher sur SO^4Na^2 anhydre. Chasser l'éther et recueillir la fraction qui passe à la pression atmosphérique à 100-101°. Ses constantes sont : d_4^{23} 0,9670, n_D^{23} 1,4321. Le rendement en époxycyclopentane est de 80-85 %.

Lactones. — Les lactones décrites ci-dessous ont été préparées dans les mêmes conditions expérimentales que celles que nous avons détaillées ci-dessus. Leur formule générale est



(R = C^2H^5, $n C^3H^7$, $n C^4H^9$, iso-C^4H^9, iso-C^5H^{11}.)

Cependant, si la cyclisation des acides γ-hydroxybutyriques se fait déjà à froid, celle des acides cyclopentanol-2 acétiques ne se fait qu'à haute température et sous une pression de 70-80^{mm}, ou encore à la pression atmosphérique pour les premiers termes. Sous pression réduite, ces hydroxyacides distillent parfaitement et les rendements en lactone sont extrêmement faibles; au contraire, dans les conditions indiquées ci-dessus, le rendement atteint 50 à 60 %. La structure stérique des acides cyclopentanol-2 acétiques, ainsi que celle des acides cyclohexanol-2 acétiques actuellement à l'étude, est

R.	Éb.	n_D^t.	d_4^t.	R.M. calculé.	R.M. trouvé.	Odeur.
C^2H^5	E_{14} 128°	$n_D^{19,5}$ 1,4672	$d_4^{19,5}$ 1,0504	41,01	40,71	(*a*)
$n C^3H^7$	E_{14} 141°	n_D^{23} 1,4660	d_4^{23} 1,0287	45,63	45,33	(*b*)
$n C^4H^9$	E_{16} 154°	$n_D^{18,5}$ 1,4682	$d_4^{18,5}$ 1,0119	50,25	50,01	(*c*)
iso-C^4H^9 ...	E_{15} 148°	n_D^{21} 1,4685	d_4^{21} 1,0098	50,25	50,15	(*d*)
iso-C^5H^{11} ...	E_{15} 163°	$n_D^{22,5}$ 1,4688	$d_4^{22,5}$ 0,9972	54,87	54,72	(*d*)

(*a*), fugace; (*b*), orange guinée-carotte; (*c*), essence de graines de carotte; (*d*), céleri.

GÉOLOGIE. — *Sur la genèse et l'âge des roches vertes syriennes* ([1]).
Note de M. **Louis Dubertret**, présentée par M. Charles Jacob.

Les phénomènes éruptifs, généralement franchement volcaniques en Syrie et au Liban, prennent, dans la zone de contact des montagnes côtières avec le Taurus, une forme complexe associant des roches de profondeur et de demi-profondeur avec des roches effusives.

Des péridotites, pyroxénites, diorites et microdiorites, roches généralement de profondeur ou de demi-profondeur, ayant seules été remarquées au début de mes recherches, l'absence de couverte et la disposition de certains lambeaux sur un soubassement régulier du Crétacé supérieur semblaient dues au charriage d'un massif laccolithique. Mais la découverte, le long du versant montagneux au Sud d'Antioche, de tufs et de verres couronnant les microdiorites, infirma cette hypothèse et établit l'origine superficielle et sous-marine d'une partie de ces roches vertes.

Depuis, le lever des régions de roches vertes a confirmé la constante association des roches citées ci-dessus, ainsi que leur ordre de superposition. La péridotite-pyroxénite constitue des massifs d'une grande monotonie pétrographique, où l'épaisseur apparente atteint 1000 à 1800^m, sans que se manifeste un indice de changement vers la profondeur. En pleine masse, ont été observés des paquets de microdiorite. Aucune séparation nette n'existe entre la pyroxénite et la diorite; il y a passage de l'une à l'autre par une zone où les deux roches alternent en couches, sans limites définies, ou bien s'opposent par paquets bréchiques à contours laminés.

La diorite, peu épaisse et altérable, marquée de taches arénacées claires, fait corps morphologiquement avec la microdiorite. Dans la zone de passage, les deux roches s'interpénètrent par bancs alternants ou petits massifs enchevêtrés.

La microdiorite, de 1000 à 1500^m d'épaisseur, est de grain de plus en plus fin vers le haut et passe finalement à une couche confuse et altérée, épaisse d'environ 200^m, caractérisée par la présence d'éléments vitreux : pillow-lava à fond vitreux, englobant des boules semi-cristallines ou des enclaves de cinérite, brèche volcanique associée à d'énormes masses de cinérite, ou encore, sur de plus grandes étendues, brèche composée de paquets de sédi-

---

([1]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 283 et 1663 (voir le croquis).

ment ou de roche verte, entraînés par le magma, et d'une pâte vitreuse très altérée, souvent méconnaissable. Tout le Secondaire sous-jacent aux roches vertes est représenté dans ces lambeaux : le Trias, le Jurassique, l'Aptien et le Cénomanien; le Primaire paraît absent. Cette couche de surface des roches vertes est souvent érodée.

La répartition géographique des roches vertes ou de leurs éléments est inégale. Dans le Baer et le Bassit, le Kizil Dagh ou le couloir du Kara Sou, la roche verte, très étendue, ne laisse cependant pas poindre de soubassement d'autre nature : *elle paraît s'enraciner en profondeur.* La puissance totale visible est de l'ordre de 3000^m.

Au delà de ces régions, auxquelles on devine des bords assez nets, ne paraissent subsister que des apophyses lenticulaires, ne dépassant pas quelques centaines ou les 100^m d'épaisseur. Là le soubassement sédimentaire apparaît, avec la structure tabulaire faillée caractéristique des massifs libano-syriens. On y reconnaît, au Djebel Akra, les mêmes Jurassique et Crétacé qu'au Liban; les plus hautes couches contiennent des Radiolaires et des Globigérines, dont *Rosalina Linnei* Lmk. Dans le Giaour Dagh (au Nord de Beylan), la roche verte repose sur du calcaire détritique renfermant, outre de fines projections de matériel de roche verte, des Orbitelles et des Sidérolites du Maestrichtien.

Cette même faune, localement associée à des Hippurites, des Lapérousia et des Radiolites, caractérise du Maestrichtien transgressif sur de la roche verte dans la région d'Ordou, sur le versant montagneux au Sud d'Antioche, sur le bord Ouest de l'Amouk et dans l'Elma Dagh, au Sud d'Alexandrette.

L'interstratification des apophyses latérales de roche verte dans les dépôts maestrichtiens, établit l'âge maestrichtien de la mise en place de la grande masse des roches vertes syriennes. Cette dernière a dû être précédée de phases préliminaires, sans lesquelles ne s'expliqueraient pas les paquets de microdiorite emballés au sein des péridotites ou ceux de pyroxénite, assez fréquents dans la couche vitreuse.

Les roches vertes syriennes ont leur originalité dans l'union et la simultanéité de phénomènes éruptifs profonds et de semi-profondeur avec un volcanisme nettement caractérisé, ainsi que dans l'épaisseur considérable des produits mis en place vraisemblablement durant une période géologique assez brève.

GÉOLOGIE. — *La zone briançonnaise sur la rive droite de la Guisane et la quatrième écaille.* Note [1] de M. **Jean Goguel**, présentée par M. François Grandjean.

Nous avons montré précédemment comment la coupe de la série briançonnaise au Sud de la quatrième écaille pouvait se réduire à un gros anticlinal siliceux (Houiller, Permien, Trias inférieur), la couverture du flanc supérieur (troisième écaille) ayant été traînée par dessus les terrains situés plus à l'Ouest (deuxième écaille).

Plus au Nord, sur la rive gauche de la Guisane, nous retrouvons un anticlinal siliceux analogue, à l'Est de Fréjus, mais sa couverture n'a pas été décollée. Plus loin encore, au Nord de la Guisane, on peut faire correspondre à cet anticlinal celui qui sépare le synclinal de l'Aiguillette du Lauzet de celui des Cerces et de la Montagne du Vallon.

Ceci nous conduit à faire correspondre le synclinal, à peine déversé, de la Tête de Grand-Pré à notre deuxième écaille (*ss. st.*), ce que les caractères stratigraphiques confirment. De même, les caractères stratigraphiques de la région située à l'Est de cet anticlinal (Champcella) correspondent à ceux de la troisième écaille. Il n'y a pas grand intérêt à en analyser les replis locaux, mais il convient de noter cette atténuation générale des accidents à l'intérieur de la série briançonnaise, en allant du Sud au Nord.

Nous n'avons presque rien à ajouter à la description qu'a donnée Termier de l'ensemble de micaschistes, et de brèches à éléments de micaschistes, qui constitue la quatrième écaille. Sur tout son pourtour, cet ensemble repose sur le terme le plus récent des unités les plus élevées, le flysch (dans lequel quelques copeaux mésozoïques très complexes sont emballés au col de Serre-Chevalier), sauf entre Prorel et le Rocher-Blanc, qui domine les micaschistes. Mais il doit s'agir là d'une faille locale, puisque la profonde vallée des Combes montre tout près de là une coupe de l'anticlinal Houiller-Permien, dans laquelle on serait bien en peine de trouver la moindre indication du passage des micaschistes. La seule conclusion possible nous paraît être celle de Termier : les terrains de la quatrième écaille forment un lambeau de charriage, appartenant à une zone plus interne.

---

[1] Séance du 23 octobre 1939.

Par contre, on ne saurait mettre en doute la nature sédimentaire des brèches, dont les éléments sont parfois roulés, en particulier les quartz venant des filonnets des micaschistes; lorsque le ciment est développé, l'examen micrographique montre à l'évidence sa nature sédimentaire. On sait qu'il y a quelques éléments sédimentaires peu abondants : Trias, Permien et même Malm; nous y avons trouvé aussi un galet de granite,

Au col de l'Alpet, Kilian avait signalé une formation analogue. Les brèches contiennent parfois des éléments calcaires très abondants (plus de la moitié). La situation de l'ensemble des micaschistes et des brèches associées est peu claire, mais ils paraissent pincés sous les terrains briançonnais, sans doute par suite d'un repli de l'éventail.

Ces brèches, d'un côté comme de l'autre, représentent le type le plus extrême de brèche de cordillère. Elles n'ont pu se déposer qu'au cours de la surrection et de la progression du lambeau cristallin qui devait former la quatrième écaille, et dans son voisinage immédiat; elles ont ensuite été entraînées avec lui.

Dans la même région, les brèches de Prorel posent un problème curieux. Tectoniquement, elles paraissent reposer sur le flysch (injecté de gypse triasique) du plateau de Notre-Dame-des-Neiges, lequel représente une partie, très laminée, mais en succession normale, de la couverture du Houiller de Briançon, avec des lambeaux de quartzite du Trias, une barre continue de calcaire triasique, des lambeaux de Malm, des marbres en plaquettes et du Néocomien. Ces brèches de Prorel passent à leur base à un calcaire noir, grenu, avec lumachelle à rhynchonelles. Sous réserve de la détermination de ces rhynchonelles, qui doit être possible, ce calcaire ressemble au Dogger. Mais les brèches du Prorel diffèrent sensiblement des brèches polygéniques ordinaires du Dogger. Elles sont beaucoup plus massives, plus épaisses, et contiennent d'énormes blocs de quartzites triasiques et de Permien, ainsi que de très rares fragments de micaschistes verts. Elles n'ont aucun équivalent dans le massif de la Condamine, et nous serions disposé à y voir, provisoirement, un lambeau d'une unité plus interne, entraîné en même temps que la quatrième écaille. La solution de ce problème, et de celui de la quatrième écaille, ne se trouvera qu'à l'Est de la Durance, dans la région d'où peuvent provenir ces lambeaux.

MÉTÉOROLOGIE. — *L'influence de la rotation de la Terre sur la direction du vent au contact du sol.* Note (¹) de M. **Roger Failletaz**, présentée par M. Charles Maurain.

Le gradient de pression, la force déviante de la Terre en rotation, la force de frottement et la force centrifuge se faisant équilibre, on sait que par rapport au gradient, la direction du vent fait un certain angle α; cet angle α est fonction de l'altitude z; il dépend aussi de la nature du terrain. On observe que $\alpha = 45°$ sur le continent et $\alpha > 45°$ en mer. Vers 1000^m, α est voisin de $90°$. Ces valeurs de l'angle de déviation sont en bon accord avec la théorie.

Mais les observations météorologiques au sol, observations du vent entre autres, ne se font pas à l'altitude $z = 0$, mais à l'altitude $Z = 5$ à 20^m. Que se passe-t-il entre 0^m et 5 ou 20^m? Les conditions qui règnent dans cette couche sont en effet très particulières, du fait de l'importance des forces de frottement.

Comme l'ont fait remarquer MM. Wehrlé et Dedebant, il est intéressant de chercher expérimentalement, tout près du sol, la valeur de l'angle de déviation du vent, cette recherche ne semblant pas avoir été entreprise jusqu'à ce jour.

Dans ce but j'ai construit des girouettes de très faible encombrement, d'inertie négligeable, et donnant la valeur statistique de l'angle de déviation. La figure 1 montre, vue de dessus, la microgirouette dans deux positions différentes, correspondant à deux directions d et d' de la direction moyenne du vent. La microgirouette est constituée par deux petites pales de duraluminium A_1B_1 et A_2B_2, de 8^{mm} de large sur 80^{mm} de long. Sur A_1B_1 est fixé un très léger tube porte-mine; la mine de crayon vient appuyer sur A_2B_2 en C_1, le vent ayant constamment tendance à ramener les deux pales l'une contre l'autre. Un petit diagramme est fixé sur A_2B_2 par l'intermédiaire de deux étroites glissières en papier. Pour la mise en fonctionnement, on commence par orienter la girouette dans la direction moyenne du vent; les écarts à la direction moyenne provoquent des déplacements de la mine sur A_2B_2, donc des traces de longueur correspondante sur le diagramme. Pour l'étalonnage, on construit la courbe

$$A_2C_2 = d = f\left(\frac{\alpha + \beta}{2}\right).$$

(¹) Séance du 13 novembre 1939.

On obtient une droite si α et β ne s'écartent pas de plus de 90° de leur valeur moyenne, écarts qui ne sont jamais dépassés dans les conditions naturelles. En prolongeant le temps d'enregistrement, on obtient sur le diagramme une trace dont le degré de noircissement est fonction de la

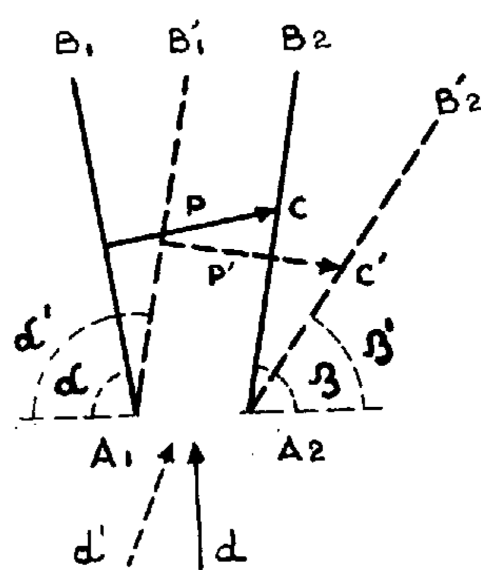


Fig. 1.

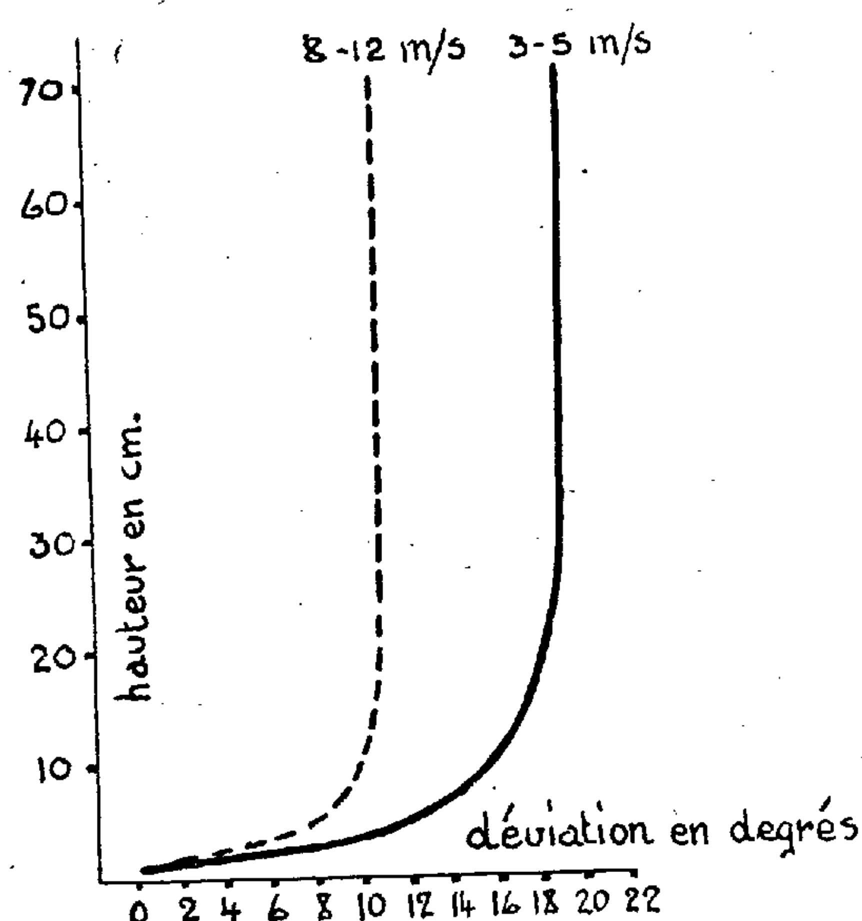


Fig. 2.

fréquence des passages de la mine; le milieu de la trace (noircissement maximum) donne la direction moyenne du vent. La précision est de l'ordre de 1 à 3°. La girouette pèse moins de 2^g; la présence du porte-mine sur l'une des pales crée une légère dissymétrie dans le profil aérodynamique : cette dissymétrie n'introduit aucune erreur appréciable, comme l'ont montré les vérifications en soufflerie. Les axes autour desquels peuvent tourner les pales étant constitués par deux fils métalliques verticaux parallèles, on peut placer, le long des axes, de nombreuses micro-girouettes espacées de moins de 15^{mm} et obtenir en nombre suffisant les points qui permettent de construire correctement la courbe de déviation du vent au voisinage immédiat du sol.

Une série de mesures a été faite sur la plage de La Baule, toutes précautions étant prises pour n'offrir à l'action du vent au sol que des surfaces parfaitement lisses. La figure 2 donne l'allure générale des courbes obtenues. On voit qu'une déviation importante se produit tout près du sol; l'angle est de 20° environ entre 1 et 30^{cm} pour des vents de 3 à 5 m:s, et de

10° environ entre 1 et 15^{cm} pour des vents de 8 à 12 m:s (vitesses mesurées à 1^{m} au-dessus du sol).

L'allure de ces courbes suggère l'hypothèse suivante : partout où le globe terrestre offre à l'action du vent des surfaces suffisamment planes, il y a une couche limite de 10 à 20^{cm}, analogue à la couche limite que l'on rencontre en hydro ou aérodynamique dans les canaux lisses; cette couche est tout à fait indépendante de la couche turbulente très épaisse, d'origine thermique ou orographique.

Si, à l'intérieur de la couche de 1 à $15\text{-}20^{cm}$, on parvient à mesurer non seulement les déviations, mais les vitesses, on aura une méthode fort pratique pour le calcul des coefficients de frottement, si mal connus, qui interviennent dans les écoulements turbulents de l'air. En outre, connaissant la déviation entre 1 et 100^{cm} par la méthode indiquée plus haut, la déviation entre 1 et 1000^{m}, par les sondages pilotes, les isobares au sol par les observations barométriques, les isobares en altitude par les radiosondages, nous aurons de meilleures bases pour une étude complète du problème de la déviation du vent par la rotation de la terre, problème fondamental pour la théorie de la circulation générale de l'atmosphère.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Brillance absolue du ciel nocturne mesurée à Godhavn (Ile Disko, Groenland NW) au cours de la Mission française 1938-1939.* Note de M. **Hubert Garrigue**, présentée par M. Charles Maurain.

J'ai imaginé un nouveau photomètre binoculaire destiné à mesurer les brillances faibles. Cet appareil, qui n'avait pu être préparé en France, a été construit et mis au point à l'atelier de la Station Danoise de Disko, près la place eskimo de Godhavn.

Les mesures ont été faites soit à cette Station, soit à 20^{km} plus au Nord, dans une Station construite en neige sur un glacier de 1000^{m} d'altitude, où j'ai séjourné quarante jours au cœur de l'hiver.

Principe. — Le photomètre permet de viser, sans interposition de système optique, une plage étroite de la région dont on veut mesurer la brillance, délimitée par une fenêtre de 8^{cm} de large sur 4^{cm} de haut placée à 20^{cm} des yeux. Le bord supérieur de cette fenêtre est juxtaposé au bord inférieur d'un écran diffusant de même dimension, qui reçoit la lumière d'un système de lampe électrique et de coin photométrique. Entre les yeux et l'écran, à l'intérieur du boîtier du photomètre, peuvent être glissés des

filtres colorés. Ceux que j'utilise pour l'analyse du ciel nocturne sont les trois filtres Wratten, rouge n° 24, vert n° 61 N, bleu n° 47 C5.

La précision des mesures atteint 3 à 5 % pour le bleu et le vert, 10 % pour le rouge, dans les cas les plus défavorables.

L'étalonnage est obtenu en utilisant directement la lumière du Soleil diffusée par des écrans non sélectifs d'albédo connu.

Si B est la brillance d'une plage lumineuse de même composition spectrale que la lumière solaire, la même valeur B représente les brillances dans les trois régions spectrales délimitées par les filtres colorés.

Résultats. — Une centaine de mesures ont été effectuées au cours de l'hiver et du printemps 1938-1939. A titre de comparaison, quelques résultats sont donnés pour le ciel du Pic du Midi (France).

Les brillances sont exprimées en 10^{-10} bougie par centimètre carré.

Chaque observation du ciel est accompagnée de mesures de la brillance d'une plage horizontale de neige vierge d'albédo 0,8 à 0,9 exposée à la lumière venant de tout le ciel.

Ciel nocturne à aurores visibles.

35 mesures (Disko, 69°20′N; 54° W).

	Aurore la plus brillante, 16-12-1938. 30° sur horizon SW.			Moyenne des 35 mesures.		
	Bleu.	Vert.	Rouge.	Bleu.	Vert.	Rouge.
Brillance maxima du ciel en 10^{-10} bougie par cm²	1700	4000 à 7000	10 000 à 12 000	–	–	–
Brillance de la neige.	440	740	1 000	356	564	656
Couleur de la neige (brillance relative)	1	1,7	2,3	1	1,58	1,84

Ciel nocturne sans aurore visible.

60 mesures (Disko, 69°20′N; 54° W).

	Nuit la plus noire, 16-2-1939. Brillance moyenne en 10^{-10} B/cm².			Couleur (brillance relative).		
	Bleu.	Vert.	Rouge.	Bleu.	Vert.	Rouge.
A 10° sur l'horizon	180	280	540	1	1,5	3,0
Au zénith	148	180	420	1	1,2	2,8
De la neige	148	230	500	1	1,5	3,4

Rapport des brillances de l'horizon au zénith : bleu, 1,2; vert, 1,5; rouge, 1,3.

Valeurs moyennes sur 60 *observations.*

	Brillances en 10^{-10} B/cm² à 10° sur l'horizon.					Couleur (brillance relative) à 10° sur l'horizon.				
	W.	S.	E.	Zénith.	Neige.	W.	S.	E.	Zénith.	Neige.
Bleu...	323	328	326	263	244	1	1	1	1	1
Vert...	433	454	467	317	301	1,34	1,38	1,43	1,20	1,23
Rouge..	629	663	653	518	510	1,95	2,02	2,00	1,96	2,09

Rapport des brillances de l'horizon au zénith : bleu, 1,24; vert, 1,42; rouge, 1,25.

Ciel nocturne du Pic du Midi (Observatoire du Pic du Midi 43°N; 0°).

	Brillance du ciel en 10^{-10} B/cm² à 10° sur l'horizon. Août 1939.					Octobre 1939.				
	W.	S.	E.	N.	Zénith.	W.	S.	E.	N.	Zénith.
Bleu....	167	167	139	191	123	216	222	284	216	179
Vert....	216	191	178	242	173	318	357	433	395	200
Rouge ..	250	250	250	250	–	478	478	671	503	377

Couleur du ciel (brillance relative).

Août 1939.			Octobre 1939.		
Bleu.. 1	Vert.. 1,2	Rouge.. 1,5	Bleu.. 1	Vert.. 1,6	Rouge.. 2,2

Rapport des brillances de l'horizon au zénith, en octobre 1939 :
bleu, 1,21; vert, 1,27; rouge, 1,29.

Remarques. — La moyenne des brillances du ciel nocturne arctique sans aurore est supérieure à la brillance du ciel nocturne le plus lumineux observé au Pic du Midi. *L'aurore permanente* que l'on observe dans nos régions serait donc plus intense dans les régions polaires.

Enfin, la couleur du ciel nocturne est, dans tous les cas, plus rouge que la lumière du Soleil.

MYCOLOGIE. — *De l'hérédité du caractère* absence de pigment *dans le mycélium d'un Ascomycète du genre* Podospora. Note (¹) de M. GEORGES RIZET, transmise par M. Pierre-Augustin Dangeard.

Le *Podospora anserina*, Pyrénomycète coprophile fréquent, présente normalement des asques tétrasporés aux spores binucléées et bisexuées;

(¹) Séance du 13 novembre 1939.

mais quelquefois il donne lieu également à la formation de spores anormales, les unes géantes ou extra-géantes, plurinucléées, les autres simples, uninucléées et unisexuées. Fréquemment deux spores simples, placées côte à côte dans l'asque, tiennent la place d'une spore normale et sont de sexes complémentaires ([2]).

Ce Champignon se présente dans nos cultures sous deux formes : l'une, la forme normale, avec un mycélium vert sombre, des filaments aériens abondants portant peu de microconidies; l'autre est une variation de la précédente et nous offre un mycélium incolore avec des filaments aériens constitués uniquement par des microconidiophores portant de nombreuses microconidies, celles-ci pouvant prendre sur certains milieux une coloration *saumon* caractéristique.

Chacune de ces formes a donné lieu à la production de spores simples de l'un et l'autre *sexe*, nous fournissant ainsi quatre groupes différents de haplontes, mycélium vert +, mycélium vert —, mycélium incolore + et mycélium incolore —. Nous avons rapproché ces haplontes, de toutes les manières possibles, en cultures dispermes et nous avons obtenu alors les résultats suivants :

1° Dans la moitié des cas environ, nos confrontations se sont révélées fertiles, nos souches conservant ainsi la fertilité normale de l'espèce.

2° Ces rapprochements variés ont donné lieu aux éventualités suivantes :

a. Les spores issues du rapprochement mycélium vert × mycélium vert fournissent bien généralement un mycélium vert, qu'il s'agisse de spores simples, doubles ou géantes. Toutefois nos souches 212, issue d'une spore double, et 224, issue d'une spore extra-géante, ont donné lieu au développement de mycéliums incolores.

b. Les spores issues du rapprochement mycélium incolore × mycélium incolore fournissent des mycéliums incolores.

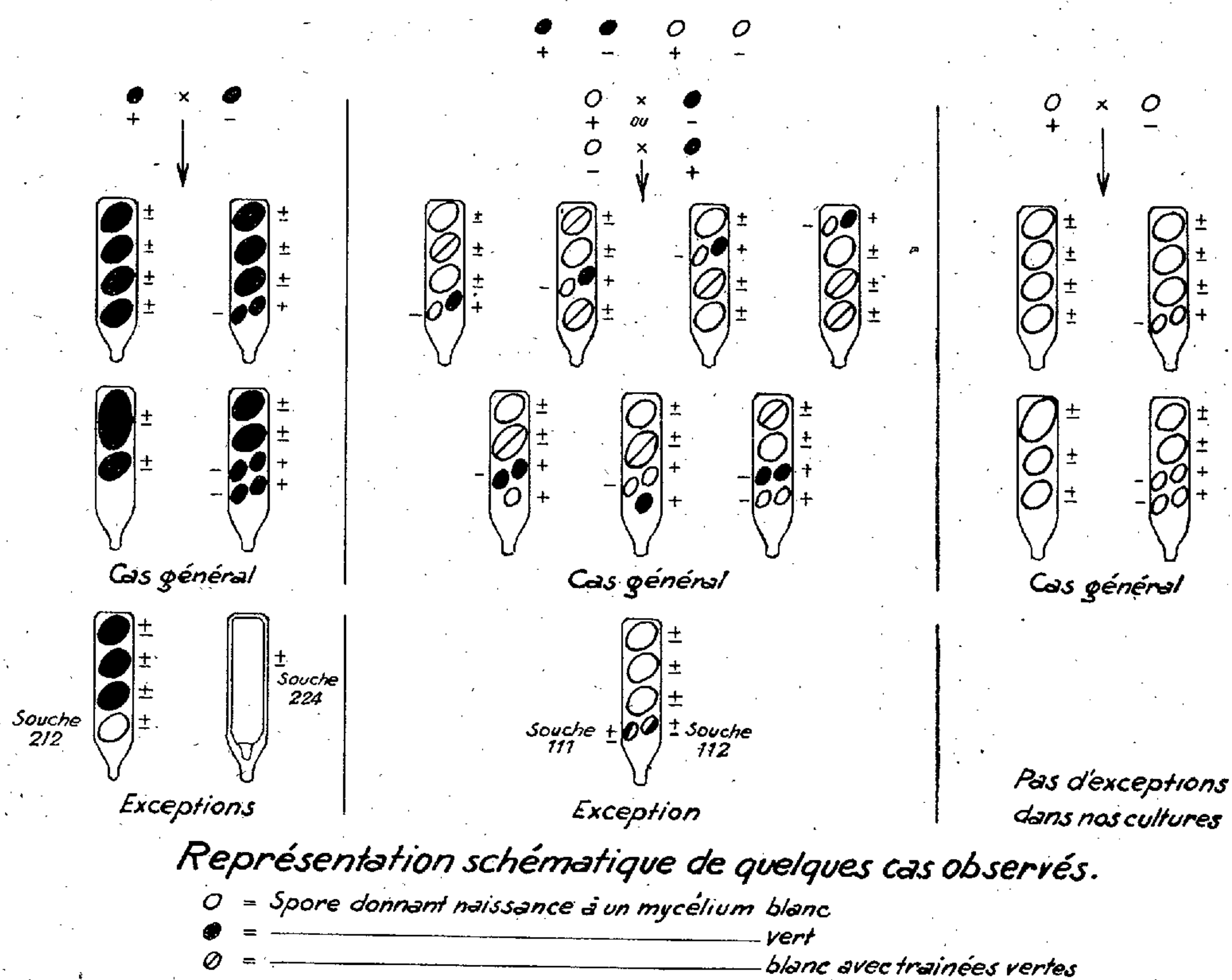
c. Les spores issues du rapprochement mycélium vert × mycélium incolore sont l'origine de mycéliums dont la coloration répond aux règles générales suivantes :

Les spores normales binucléées, ou géantes, ou extra-géantes, sont bisexuées, produisent un mycélium incolore semblable, au début de son développement, à l'un des parents; mais souvent, en vieillissant, il laisse voir des traînées vertes caractéristiques rappelant ainsi le deuxième parent et lui conférant l'apparence d'une véritable chimère.

([2]) *Annals of Botany*, 45, 1931, p. 14.

Les spores simples sont unisexuées et fournissent des mycéliums, soit entièrement verts, soit entièrement incolores.

Si deux spores simples tiennent la place d'une spore normale binucléée (asque à cinq spores par exemple), l'une se développe en un mycélium



Représentation schématique de quelques cas observés.

O = Spore donnant naissance à un mycélium blanc
● = ———————— vert
Ø = ———————— blanc avec traînées vertes

vert, l'autre en un mycélium incolore; dans ce cas les deux souches sont complémentaires.

Si dans un même asque plusieurs spores simples sont l'origine de mycéliums de même coloration, elles ne sont pas obligatoirement de même *sexe*.

Quelques exceptions échappent cependant à la rigueur de ces lois :

Nos souches 111 et 112, pourtant nées de spores simples, déjà singulières dans leur coloration, se sont révélées homothalliques.

Quelques autres, à mycélium incolore, ont montré, au fond des tubes de culture, des anneaux verts; l'apparition tardive et localisée du caractère *mycélium vert* montre ici que ce caractère, qui s'est montré lié précédem-

ment à un déterminisme génotypique, se montre ici lié à un déterminisme phénotypique.

L'ensemble des faits que nous signalons à propos de la coloration des mycéliums, comme ceux que nous avons déjà signalés à propos de la coloration des spores ([3]), ne s'explique guère que par l'apparition d'un hétérozygote au début de la formation de l'asque; nos résultats sont en effet conformes, en majorité, aux prévisions mendéliennes. Toutefois les exceptions que nous signalons — apparition du caractère incolore — dans la confrontation vert × vert nécessitent une explication plus complète, que l'hypothèse de la bipotentialité, formulée à propos du *Neurospora* par Moreau et Moruzi ([4]), pourrait nous fournir.

La répartition des *sexes* chez les haplontes que nous avons obtenues est bien souvent conforme à celle que Dowding a décrite dans la forme normale du *Podospora anserina*; mais l'existence de spores simples bisexuées atténue singulièrement l'interprétation qu'il formule ([2]) et qu'avait déjà formulée Dodge ([5]) à propos du *Neurospora*.

L'existence dans un même asque de spores simples de même coloration et de *sexes* différents est incompatible avec l'existence d'une seule *division ségrégative* dans l'asque.

Le *Podospora anserina* nous offre enfin un cas de dominance singulier : dominance du caractère *absence de pigment* dans un organisme, non diploïde, mais dihaploïde.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Coefficient d'aimantation spécifique de la méthémoglobine*. Note ([1]) de Mlle **Paulette Berthier**, présentée par M. Charles Achard.

Ayant disposé de méthémoglobine particulièrement pure en beaux cristaux, préparée par M. Maurice Piettre, il nous a paru intéressant d'en étudier les propriétés magnétiques. La méthémoglobine avait été préparée à basse température par déshydratation de l'oxyhémoglobine et conservée au-dessous de 0° jusqu'au moment des expériences; celles-ci ont été

([3]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1669-1671.
([4]) *Rev. gén. Bot.*, 48, 1936, p. 393-464.
([5]) *Journal of Agricultural Research*, 35, 1927, p. 289-305.

([1]) Séance du 13 novembre 1939.

exécutées dans un laboratoire aménagé dans un sous-sol où la température n'a jamais dépassé 11°. La concentration des solutions a été déterminée par évaporation jusqu'à poids constant dans le vide sec.

Nous avons déterminé le coefficient d'aimantation spécifique de la méthémoglobine au moyen de la balance magnétique de Curie et Chéneveau et examiné l'influence qu'exerce sur ce coefficient la présence de Cl H et de OHNa.

A 25^{cm^3} de la solution aqueuse, on a ajouté 5^{cm^3} d'eau ou 5^{cm^3} d'une solution d'acide chlorhydrique ou de soude de diverses concentrations. On a déterminé, d'une part la susceptibilité magnétique de la solution de méthémoglobine, d'autre part celle de son milieu solvant (eau ou solution contenant par unité de volume les mêmes quantités de ClH ou de OHNa que la solution de méthémoglobine étudiée). Ces mesures, jointes à la détermination des masses spécifiques et de la concentration en méthémoglobine permettent d'obtenir, par le mode de calcul développé dans une précédente Note ([2]), la valeur du coefficient d'aimantation k de la méthémoglobine dans les divers milieux solvants envisagés. Les mesures ont été faites à des instants t après la préparation des solutions qui, pendant tout ce laps de temps, étaient conservées à la température $\theta = 10°5$. Le tableau donne les valeurs de $k.10^6$.

t	ClH.			OHNa.		
(jours).	0,1 N.	0,02 N.	Eau.	0,02 N.	0,1 N.	N.
0	+0,46	+0,04	+0,15	−0,18	−0,18	−0,21
4	+0,50	+0,10	+0,15	+0,01	+0,01	−0,15
6	+0,51	+0,20	+0,15	+0,04	+0,04	−0,01

Les résultats obtenus montrent que le coefficient d'aimantation varie en fonction du temps; cependant les expériences ne peuvent pas être prolongées trop longtemps, car les solutions finissent par s'altérer de manière variable avec production de dépôts.

La présence de Cl H laisse la méthémoglobine paramagnétique, le coefficient d'aimantation croissant en fonction du temps, alors qu'il reste à peu près constant pour une solution dans l'eau pure. Au contraire, la présence de OHNa rend la méthémoglobine diamagnétique, mais le coefficient d'aimantation augmente en fonction du temps et pour les plus faibles concentrations en OHNa il devient positif.

([2]) P. Berthier, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 943.

Les valeurs ci-dessous sont, en fonction du pH des solutions, les coefficients d'aimantation de la méthémoglobine mesurés aussitôt après la préparation des solutions.

pH	1,1	3,2	7,2	8,2	12,3	14,0
$k_0 . 10^6$	+0,46	+0,04	+0,15	−0,18	−0,18	−0,21

La variation de k_0 en fonction du pH semble assez irrégulière, tout au moins pour les pH acides, mais il convient de noter qu'il se produit une floculation de la méthémoglobine pour les concentrations en ClH comprises entre 0,02 N et 0,1 N, c'est-à-dire pour les pH intermédiaires entre 1,1 et 3,2 et que le signe des granules doit se modifier entre ces valeurs du pH.

En dehors de toute présence d'acide ou de base, le coefficient d'aimantation de la méthémoglobine en solution aqueuse (pH 7,2) a pour valeur $k = +0,15 . 10^{-6}$ et ne varie pas sensiblement en fonction du temps, du moins tant que la solution n'est pas altérée.

La séance est levée à $15^h 30^m$.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 NOVEMBRE 1939.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE BÉHAL.

NOMINATIONS.

MM. **Charles Maurain** et **Gustave Roussy** sont délégués pour représenter l'Académie à la *Séance constitutive de l'*Université de Pologne a l'Étranger, qui se tiendra le vendredi 1[er] décembre à 16[h] à la *Bibliothèque Polonaise,* à Paris.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Géologie appliquée de l'Algérie. Métallogénie-Hydrogéologie-Agrogéologie par M. Dalloni.

ALGÈBRE. — *Sur la continuité relative des racines d'équations algébriques.* Note (¹) de M. **Alexandre Ostrowski**, présentée par M. Henri Villat.

1. Pour calculer les racines d'un polynome avec un nombre donné q de décimales, on simplifie pratiquement les coefficients du polynome en ne retenant que q ou au plus $q+1$ chiffres. Or l'exemple suivant montre que ceci ne suffit pas dans tous les cas. Considérons l'équation, qui ne se réduit

(¹) Séance du 20 novembre 1939.

pas à une équation binome

$$z^4 - 4z^3 + (6 - 4{,}9.10^{-5})z^2 - 4z + 1 = 0. \tag{1}$$

En calculant avec 4 décimales, on remplacera cette équation par $(z-1)^4 = 0$, tandis que les 4 racines de l'équation (1) [2] sont :

$$z_1 = 1{,}087239\ldots; \qquad z_2 = 0{,}91976\ldots; \qquad z_{3/4} = 0{,}9965 \pm i\,0{,}08359\ldots.$$

Donc l'erreur commise sera plus de 8 % et les différences des racines de (1) entre elles comportent en partie plus de 17 %.

2. Pour évaluer l'influence de la variation des coefficients sur les racines, il paraît naturel d'utiliser le théorème classique sur la continuité des racines. Mais à cet effet ce théorème doit être d'abord précisé et mis sous une forme explicite. Voici un énoncé qu'on obtient dans cet ordre d'idées.

I. *Soient* x_ν et y_ν *respectivement les racines des polynomes*

$$f(z) = z^n + a_1 z^{n-1} + \ldots + a_n, \qquad g(z) = z^n + b_1 z^{n-1} + \ldots + b_n, \tag{2}$$

et posons

$$T = \operatorname*{Max}_{\nu=1,\ldots,n}\left(1, |a_\nu|^{\frac{1}{\nu}}, |b_\nu|^{\frac{1}{\nu}}\right), \qquad \delta = \sqrt{|a_1 - b_1|^2 + \ldots + |a_n - b_n|^2}.$$

Alors on a, en numérotant convenablement les x_ν *et* y_ν,

$$|y_\nu - x_\nu| \leqq 4nT\delta^{\frac{1}{n}} \qquad (\nu = 1, \ldots, n). \tag{3}$$

L'évaluation (3) est naturellement très peu avantageuse, surtout à cause de l'exposant $1/n$. Mais on voit sur l'exemple d'une équation binome que $1/n$ ne peut être remplacé dans le cas le plus général par aucun exposant plus grand.

3. Un autre désavantage de (3) consiste en ceci que, les degrés d'approximation des racines étant une fois prescrits, on a à calculer tous les coefficients avec le même degré d'approximation, même si leurs ordres de grandeur sont très différents. Dans ce cas il pourrait donc devenir nécessaire de calculer quelques-uns des coefficients avec un nombre de décimales trop élevé.

---

[2] Elle se décompose en deux équations quadratiques $(z-1)^2 \pm 7.10^{-3}z = 0$.

Or, pratiquement, on se borne à indiquer pour chaque coefficient le *nombre de chiffres significatifs* à calculer, ce qui revient à indiquer une limite des *erreurs relatives*. Ceci implique l'hypothèse qu'en faisant les erreurs relatives des coefficients suffisamment petites, on rend les erreurs relatives des racines aussi petites que l'on veut. Or cette hypothèse est justifiée et *la continuité relative des racines par rapport aux coefficients* a même lieu *uniformément* pour l'ensemble de toutes les équations algébriques d'un degré fixe n. Ceci résulte du théorème suivant :

II. *Soient x_ν et y_ν respectivement les racines des polynomes*

$$f(z) = a_0 z^n + a_1 z^{n-1} + \ldots + a_n, \qquad g(z) = b_0 z^n + b_1 z^{n-1} + \ldots + b_n,$$

où $a_0 a_n b_0 b_n \neq 0$, et supposons que l'on ait

$$(4) \qquad b_\nu - a_\nu = \vartheta_\nu a_\nu, \quad |\vartheta_\nu| = \tau \qquad (\nu = 0, 1, \ldots, n),$$

où $16 n \tau^{\frac{1}{n}} \leqq 1$. Alors on a en numérotant les x_ν et y_ν convenablement

$$(5) \qquad \left| 1 - \frac{y_\nu}{x_\nu} \right| \leqq 15 n \tau^{\frac{1}{n}} \qquad (\nu = 1, \ldots, n).$$

4. La condition (4) devient inutilisable si l'un des coefficients a_ν est o. Alors on peut employer une forme perfectionnée de II, dans laquelle (4) est remplacée par l'inégalité $|b_\nu - a_\nu| \leqq \tau T_\nu$, T_ν étant les coefficients d'une majorante convenable de $f(z)$.

Nos démonstrations des théorèmes I, II sont purement algébriques et relativement élémentaires, bien que celle de II emploie une décomposition d'un produit, analogue à celle utilisée jadis par Hadamard dans son évaluation du minimum d'un produit canonique.

5. Les évaluations des théorèmes I, II sont généralement trop faibles pour être directement utilisables, puisqu'elles embrassent tous les cas possibles. Elles appartiennent au type qui est considéré généralement comme l'idéal de l'analyste et peuvent être caractérisées comme *les évaluations à priori*. On part d'un domaine dans lequel varient les paramètres entrant dans le calcul et cherche une expression simple et maniable des bornes pour le résultat du calcul *avant de l'effectuer*.

Quant aux évaluations numériques immédiatement utilisables dans le calcul, ce seront généralement *les évaluations à posteriori*, dans lesquelles on utilise le résultat du calcul approximatif, déjà effectué. Il y a donc lieu d'insister sur l'importance de ce second type d'évaluation des erreurs, qui n'est pas assurément moins digne de l'intérêt du théoricien.

Les démonstrations de nos résultats seront publiées ailleurs.

GÉOMÉTRIE. — *Nouvelle méthode pour obtenir la cubique qui donne les tangentes de Darboux en un point d'une surface.* Note de M. **Nicolas Abramescu**, présentée par M. Élie Cartan.

1. En rapportant une courbe au trièdre principal en M, les équations en fonction de l'arc s sont

$$x = s - \frac{s^3}{6\rho^2} + \frac{s^4}{8\rho^3}\frac{d\rho}{ds} + \ldots,$$
$$y = \frac{s^2}{2\rho} - \frac{s^3}{6\rho^2}\frac{d\rho}{ds} - \ldots,$$
$$z = -\frac{s^3}{6\rho\tau} + \ldots,$$

ρ et σ étant les rayons de courbure et torsion.

Considérons sur la courbe deux points M_1, M_2 voisins de M, correspondant aux arcs s et $-s$. Le point d'intersection de la droite M_1M_2 avec le plan rectifiant en M, $y = 0$, sont

$$X = x_1 - \frac{x_1 - x_2}{y_1 - y_2}y_1, \qquad Y = 0, \qquad Z = z_1 - \frac{z_1 - z_2}{y_1 - y_2}y_1,$$
$$x_1 - x_2 = 2s - \frac{s^3}{3\rho^2} + \ldots, \qquad y_1 - y_2 = -\frac{s^3}{3\rho^2}\frac{d\rho}{ds} + \ldots, \qquad z_1 - z_2 = -\frac{s^3}{3\rho\tau} + \ldots,$$

et leurs limites pour $s \to 0$ sont $3\rho/(d\rho/ds)$, 0, 0.

Donc l'intersection de la droite M_1M_2 avec le plan rectifiant tend vers le point caractéristique T_a sur la tangente en M, tel que $MT_a = 3\rho/(d\rho/ds)$.

2. Soit M un point d'une courbe plane $y = f(x)$, et prenons comme axes la tangente MT et la normale MN. On sait que $y'_0 = 0$, $y''_0 = 1/\rho$, $y'''_0 = -1/\rho^2\, d\rho/ds$, ρ étant le rayon de courbure en M et y'_0, y''_0, y'''_0 les dérivées à l'origine. Considérons deux points M_1, M_2 de la courbe voisins de M, tels que arc M_2M = arc MM_1. L'intersection de la droite M_1M_2 avec la tangente en M tend vers le point T_a donné par

$$MT_a = \frac{3\rho}{\frac{d\rho}{ds}} = -\frac{3y''_0}{y'''_0}.$$

3. Un point O d'une surface étant l'origine et la normale l'axe Oz, l'équation de la surface au voisinage de O est

$$z = \frac{1}{2}F_2 + \frac{1}{6}F_3 + \ldots,$$
$$F_2 = b_0x^2 + 2b_1xy + b_2y^2, \qquad F_3 = c_0x^3 + 3c_1x^2y + 3c_2xy^2 + c_3y^3.$$

Considérons une section normale passant par O, dont la trace Ox, sur le plan tangent fait avec Ox l'angle θ. Par rapport aux axes Ox_1, Oz, l'équation de la section est

$$z = \frac{1}{2} z''_0 x_1^2 + \frac{1}{6} z'''_0 x_1^3 + \ldots,$$

(1) $x = x_1 \cos\theta$, $y = x_1 \sin\theta$, $z''_0 = F_2(\cos\theta, \sin\theta)$, $z'''_0 = F_3(\cos\theta, \sin\theta)$.

Le point caractéristique T_a correspondant à cette section normale en O est donné (n° 2) par $OT_a = -3z''_0/z'''_0 = x_1$. D'où

$$x_1 z'''_0 + 3z''_0 = 0, \quad x_1(c_0\cos^3\theta + 3c_1\cos^2\theta\sin^2\theta + \ldots)$$
$$+ 3(b_0\cos^2\theta + 2b_1\cos\theta\sin\theta + b^2\sin^2\theta) = 0.$$

En remplaçant $\cos\theta = x/x_1$, $\sin\theta = y/x_1$ données par (1), on trouve

$$F_2 + \frac{1}{3} F_3 = 0.$$

Donc *le point caractéristique* T_a *décrit, dans le plan tangent en* O *à la surface, la cubique* (Γ) *déterminée par les deux premiers termes du développement de z au voisinage de* O.

4. Les droites qui joignent O avec les points d'inflexion de la cubique (Γ) sont les tangentes de Darboux en un point O de la surface [1].

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la déformation de la frontière par les fonctions univalentes convexes.* Note de M. **Zeev Nehari**, présentée par M. Paul Montel.

Soit $f(z) = z + a_2 z^2 + \ldots$ une fonction analytique, holomorphe et univalente à l'intérieur du cercle-unité, qui représente le cercle-unité sur un domaine convexe. Si $z_1 = e^{i\varphi_1}$ et $z_2 = e^{i\varphi_2}$ sont deux points de la circonférence ($\varphi_1 \neq \varphi_2$), il est clair que, d'après les hypothèses, les points représentant les valeurs $f(z_1)$ et $f(z_2)$ ne peuvent pas coïncider. Un résultat précis est donné par le théorème suivant :

Théorème. — *Soit* $f(z) = z + a_2 z^2 + \ldots$ *une fonction analytique, holomorphe et univalente pour* $|z| < 1$, *qui représente le cercle-unité sur un*

(1) *Voir* aussi É. Cartan, *Sur la théorie des espaces à connexion projective*, Paris, 1937, p. 141.

domaine convexe. On a l'inégalité

$$|f(e^{i\varphi_1}) - f(e^{i\varphi_2})| \geqq \operatorname{tang} \frac{|\varphi_1 - \varphi_2|}{4} \qquad [|\varphi_1 - \varphi_2| < \pi].$$

On ne peut pas remplacer la valeur $\operatorname{tang}(|\varphi_1 - \varphi_2|/4)$ *par une valeur plus grande.*

Puisque la distance entre les deux points $f(z_1)$ et $f(z_2)$ ne peut pas surpasser l'arc qui les lie, on a

COROLLAIRE. — *Sous les hypothèses sus-mentionnées, on a aussi*

$$\left| \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} |f'(e^{i\varphi})| \, d\varphi \right| \geqq \operatorname{tang} \frac{|\varphi_1 - \varphi_2|}{4}.$$

La valeur $\operatorname{tang}(|\varphi_1 - \varphi_2|/4)$ *est encore la plus grande possible.*

Pour la démonstration nous avons besoin du lemme suivant :

LEMME. — *Soit la fonction* $f(z) = z + a_2 z^2 + \ldots$ *holomorphe et univalente pour* $|z| < 1$ *et représentant le cercle-unité sur un domaine convexe* C. *Si* ψ *désigne un angle fixe entre* o *et* π, *la fonction* $g(z) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin n\psi . z^n$ *représente le cercle-unité sur un domaine simple qui est étoilé par rapport à l'origine.*

Démonstration. — On a

$$(1) \qquad f(z e^{i\psi}) - f(z e^{-i\psi}) = 2i \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin n\psi . z^n.$$

A cause de la convexité du domaine C, la corde qui lie les deux points $f(z e^{i\psi})$ et $f(z e^{-i\psi})$ tourne dans le même sens que le vecteur $(0, z)$.

Si l désigne la distance des points $f(z e^{i\psi})$ et $f(z e^{-i\psi})$, on a, d'après (1),

$$(2) \qquad \frac{l}{2 \sin \psi} = |z + 2a_2 \cos\psi z^2 + \ldots| = |h(z)| \qquad (0 < \psi < \pi).$$

D'après le lemme, la fonction $h(z) = z + 2a_2 \cos\psi z^2 + \ldots$ est holomorphe et univalente pour $|z| < 1$. Il s'ensuit que la fonction

$$h(z) = \frac{h(z)}{1 - \dfrac{h(z)}{\zeta}} = z + \left(2a_2 \cos\psi + \frac{1}{\zeta}\right) z^2 + \ldots$$

[si ζ désigne une valeur quelconque de $h(z)$ qui est atteinte sur la circonférence du cercle-unité] est aussi holomorphe et univalente dans $|z| < 1$.

On en déduit

$$\left|2a_2\cos\psi+\frac{1}{\zeta}\right|\leqq 2,$$

et de là

$$\frac{1}{|\zeta|}\leqq 2+2|a_2|\cos\psi \qquad \left(0<\psi<\frac{\pi}{2}\right).$$

Puisque la fonction $f(z)=z+a_2z^2+\ldots$ est univalente et convexe, on a $|a_2|\leqq 1$ ([1]), d'où

$$\frac{1}{|\zeta|}\leqq 2(1+\cos\psi),$$

$$|\zeta|\leqq\frac{1}{2(1+\cos\psi)}.$$

A l'aide de (2), on obtient alors

$$\frac{l}{2\sin\psi}\leqq\frac{1}{2(1+\cos\psi)},$$

$$l\leqq\frac{\sin\psi}{1+\cos\psi}=\operatorname{tang}\frac{\psi}{2},$$

c'est-à-dire

$$|f(e^{i\varphi_1})-f(e^{i\varphi_2})|\leqq\operatorname{tang}\frac{|\varphi_1-\varphi_2|}{4} \qquad (|\varphi_1-\varphi_2|<\pi).$$

En considérant la fonction $f(z)=(z/1-z)$ on voit que cette valeur est la meilleure possible. On a

$$f\left(-e^{\frac{i\varphi}{2}}\right)-f\left(-e^{-\frac{i\varphi}{2}}\right)=-i\operatorname{tang}\frac{\varphi}{4}.$$

La fonction $f(z)=(z/1-z)$ montre aussi que la borne inférieure du corollaire est exacte, car cette fonction représente la circonférence du cercle-unité sur une droite et, dans ce cas, l'arc et la corde coïncident.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les faisceaux de courbes* $V=\text{const.}$ *des fonctions entières*. Note de M. **Lucien Hibbert**, présentée par M. Paul Montel.

Soit $f(z)$ la fonction déduite d'une fonction entière en ramenant le point singulier essentiel en A à distance finie : $V=\arg f(z)$; $R=|f(z)|$;

([1]) Löwner, *Sächsische Berichte*, 1916, p. 89.

$\overrightarrow{V} \equiv$ parcours positif V ; $\overrightarrow{R} \equiv$ parcours positif R ; $\overleftarrow{V} \equiv$ parcours négatif V ; $\overleftarrow{R} \equiv$ parcours négatif R ([1]).

Faisceaux $f(\overrightarrow{V}, \overrightarrow{bc})$. — Soit $\overrightarrow{bc}$ un arc de parcours positif droit R ; par tout point d de $\overrightarrow{bc}$, menons $\overrightarrow{V_d}$. Nous distinguons dans le tracé de $\overrightarrow{V_d}$ les configurations suivantes : 1° $\overrightarrow{V_d}$ ne rencontre aucun point j et A n'est pas un point de cassure pour $\overrightarrow{V_d}$, $\overrightarrow{V_d}$ est unique et s'arrête en A ; 2° $\overrightarrow{V_d}$ rencontre un point j, mais A n'est pas point de cassure pour $\overrightarrow{V_d}$: au premier point rencontré, $\overrightarrow{V_d}$ se subdivise en $\overrightarrow{V_{dd}} \equiv$ parcours positif droit V, $\overrightarrow{V_{dg}} \equiv$ parcours positif gauche V ; $\overrightarrow{V_{dd}}$ et $\overrightarrow{V_{dg}}$ s'arrêtent en A sans présenter de cassure en ce point et délimitent une zone d'enclave $[ZE]_j$ de sommet j ; 3° $\overrightarrow{V_d}$ ne rencontre aucun point j, A est point de cassure pour $\overrightarrow{V_d}$: $\overrightarrow{V_d}$ est unique jusqu'en A et en A à gauche ou à droite ou des deux côtés à la fois de $\overrightarrow{V_d}$, $\overrightarrow{V_d}$ est prolongé par un nombre fini ou une infinité dénombrable de boucles fermées $\overrightarrow{V_{dd}}$ et $\overrightarrow{V_{dg}}$, qui forment des zones d'enclave $[ZE]_A$ de sommet A ; 4° $\overrightarrow{V_d}$ rencontre un point j au moins, $\overrightarrow{V_{dd}}$ et $\overrightarrow{V_{dg}}$ les deux ou l'un des deux admettent A comme point de cassure. La branche $\overrightarrow{V_{dd}}$ est prolongée à droite par une suite de boucles fermées $\overrightarrow{V_{dd}}$ formant des zones d'enclave $[ZE]_A$; la branche $\overrightarrow{V_{dg}}$ est de même à gauche prolongée, si A est aussi point de cassure pour elle, par une suite de boucles fermées $\overrightarrow{V_{dg}}$ formant zones d'enclave $[ZE]_A$.

Dans le cas général, le faisceau $f[\overrightarrow{V}, \overrightarrow{bc}]$ est limité à droite par $\overrightarrow{V_{bg}}$, à gauche par $\overrightarrow{V_{cd}}$ et à l'intérieur par les bords des zones d'enclave $[ZE]_j$ et $[ZE]_A$. Dans une Note précédente ([1]), nous avions admis que tous les faisceaux $f[\overrightarrow{V}, \overrightarrow{bc}]$ étaient des faisceaux $f_K[\overrightarrow{V}, \overrightarrow{bc}]$ ou étaient décomposables en faisceaux $f_K[\overrightarrow{V}, \overrightarrow{bc}]$; M. G. Valiron à qui je dois plusieurs indications qui m'ont beaucoup servi, m'a fait remarquer qu'il pouvait

---

([1]) Pour les notations et les propriétés des courbes $\log R = \text{const.}$ et $V = \text{const.}$, voir *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 1121 ; **207**, 1938, p. 891 et 961.

exister, en dehors des faisceaux $f_K[\vec{V}, \vec{bc}]$, des faisceaux que nous désignerons par la suite $f_V[\vec{V}, \vec{bc}]$.

Faisceaux $f_V[\vec{V}, \vec{bc}]$. — Appelons $g_1, g_2, \ldots, g_n, \ldots$ les points de $\vec{bc}$ origines de parcours $\vec{V}$ passant par un point j au moins ou admettant A comme point de cassure; si l'ensemble $E(g_i)$ est fini, le faisceau $f[\vec{V}, \vec{bc}]$ se décompose en un nombre fini de faisceaux $f_K[\vec{V}, \vec{bc}]$, tandis que, si $E(g_i)$ a un dérivé non nul d'un ordre quelconque, le faisceau $f[\vec{V}, \vec{bc}]$ est un faisceau $f_V[\vec{V}, \vec{bc}]$.

Soit $D(f_V)$ le domaine couvert par $f_V[\vec{V}, \vec{bc}]$; ce domaine est applicable sur le cercle-unité C. La distribution de la fonction harmonique V sur la circonférence C est équivalente aux distributions de $\log R$ sur C, telles qu'elles ont été examinées dans deux Notes [2] concernant la détermination de $\log R$ dans C par la connaissance des suites particulières de valeurs de $\log R$ sur C. Les théorèmes de ces deux Notes s'appliquent donc aux faisceaux $f_V[\vec{V}, \vec{bc}]$. D'où le théorème :

Théorème. — *L'ensemble* $E(g)$ *contient toujours un ensemble* $E(g_{\alpha_i})$ *partout dense sur* $E(g)$, *tel que le parcours* $V_{g_{\alpha_i}}$, *correspondant à chaque point* g_{α_i}, *conduise en* A *avec* $R = +\infty$.

Ce théorème est un complément au théorème démontré par M. G. Valiron [3] sur l'existence des chemins de détermination infinie pour les fonctions entières.

Exemple de faisceau $f_V[\vec{V}, \vec{bc}]$. — Nous devons à M. G. Valiron [4] d'avoir résolu le problème particulièrement délicat de trouver une fonction entière donnant un exemple de faisceau $f_V[\vec{V}, \vec{bc}]$. L'existence de ces faisceaux est intimement liée à l'existence des domaines incomplets d'univalence pour une fonction entière.

Soit la fonction $W = \frac{e^z - 1}{z} - 1$, considérée par M. Iversen. Cette fonction admet $z = 0$ comme zéro simple. La partie négative de l'axe $\overrightarrow{x'Ox}$ de O à $-\infty$ est un parcours $\vec{V}$. Soit ε une quantité positive suffisamment

(2) *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 287 et 718.
(3) *Comptes rendus*, 166, 1918, p. 382-384.
(4) *Bull. Sc. Math.*, 2e série, 63, 1939, p. 5 et 6.

petite; prenons $\overrightarrow{bc}$ sur la branche de $R=\varepsilon$ qui entoure $z=0$, de telle sorte que c soit sur $\overrightarrow{O(-\infty)}$ et b dans l'angle $[\overrightarrow{Oy}, \overrightarrow{Ox'}]$, c'est-à-dire au-dessus de $\overrightarrow{x'Ox}$ et à gauche de $\overrightarrow{y'Oy}$. Le faisceau $f[\overrightarrow{V}, \overrightarrow{bc}]$ construit sur $\overrightarrow{bc}$ ainsi choisi est un faisceau $f_V[\overrightarrow{V}, \overrightarrow{bc}]$; l'ensemble $E(g_i)$ admet un dérivé d'ordre égal à un, et ce point dérivé est le point c. Sur un parcours quelconque $\overrightarrow{V}_d$, d étant sur $\overrightarrow{bc}$, R croît de $R=\varepsilon$ sur bc à $\overrightarrow{R}=+\infty$ à l'infini, excepté sur $\overrightarrow{V}_c$ qui coïncide avec $\overrightarrow{O(-\infty)}$, où R croît de $R=\varepsilon$ en c à $R=1$ au point à l'infini.

Les propriétés des faisceaux $f[\overleftarrow{V}, \overrightarrow{bc}]$ ou faisceaux de parcours négatifs V sont différentes des propriétés des faisceaux $f_K[\overrightarrow{V}, \overrightarrow{bc}]$ et $f_V[\overrightarrow{V}, \overrightarrow{bc}]$.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Influence de l'accélération sur la réaction subie par une aile de la part d'un fluide.* Note (¹) de M. **Henri Guillemet**, présentée par M. Henri Villat.

Dispositif expérimental. — Une maquette d'aile d'avion est remorquée à incidence constante à travers un fluide au repos au loin (²). La projection F_c, sur la corde du profil, de la réaction F subie par l'aile est mesurée par un dynamomètre insensible aux effets de l'accélération; par convention F_c est positive quand elle est dirigée vers le bord d'attaque.

Le dynamomètre est amorti par un dash-pot à huile; les forces d'amortissement sont supposées proportionnelles aux vitesses du piston. Le coefficient de proportionnalité est mesuré ainsi que la période du dynamomètre. L'équation différentielle du mouvement de l'appareil de mesure est alors connue, et le calcul permet d'obtenir, à partir de la courbe expérimentale, la variation réelle de F_c en fonction du temps.

L'abscisse et l'accélération du chariot sont enregistrées; la vitesse s'en déduit graphiquement par dérivation et intégration.

Expériences et résultats. — 1° Une série de mouvements est réalisée pour

---

(¹) Séance du 20 novembre 1939.

(²) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1477-1479.

lesquels l'accélération, égale initialement, à 0,8 m/sec², décroît progressivement jusqu'à zéro, la vitesse limite étant de l'ordre de 0,50 m/sec. L'incidence de l'aile varie de 30 à 10°, 14° étant une incidence critique (²).

L'accélération et la force F_c sont enregistrées simultanément sur le même graphique (*fig.* 1).

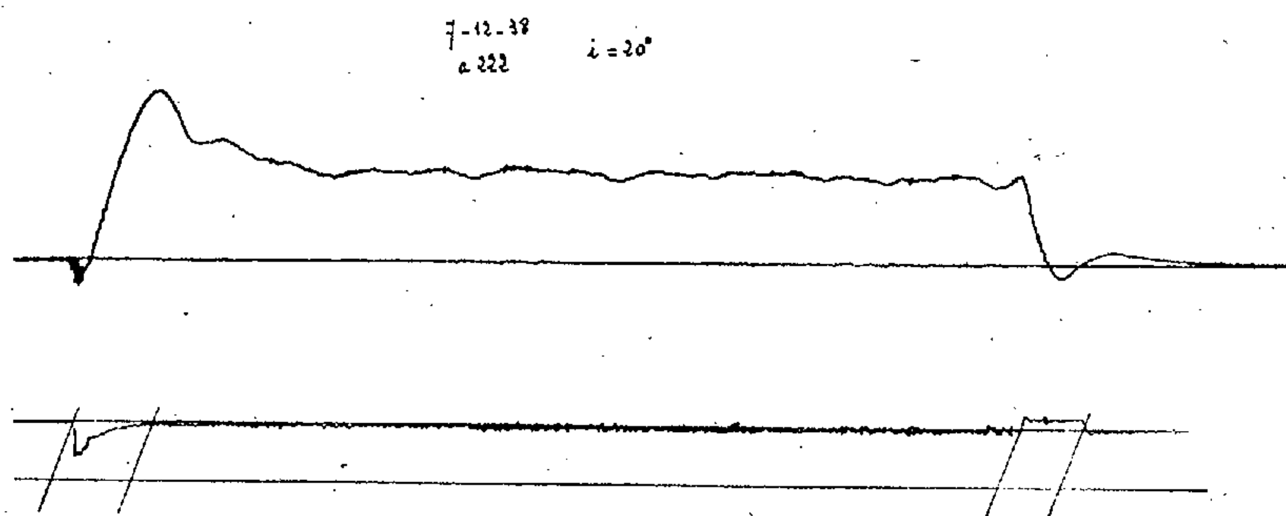


Fig. 1. — Enregistrements de l'accélération et de F_c quand $i = 20°$.
Le temps croît de la gauche vers la droite.

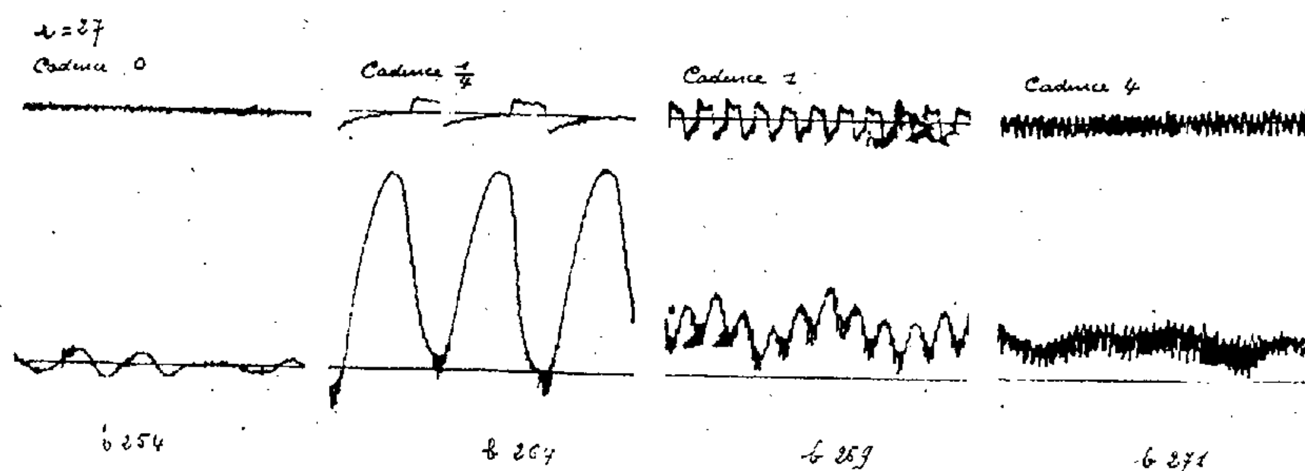


Fig. 2. — Enregistrements simultanés de l'accélération et de F_c dans un mouvement uniforme et trois mouvements saccadés de fréquences différentes.

a. Au départ, F_c est dirigée vers le bord de fuite. La vitesse étant nulle ou voisine de zéro, il s'agit d'un effet d'inertie additive.

b. Pendant le démarrage, quand l'incidence est inférieure à 14°, F_c croît très progressivement pour atteindre la valeur positive *f* correspondant au régime uniforme. Quand l'incidence est supérieure à 14°, F_c prend, au cours du démarrage, des valeurs notablement supérieures à *f* (*fig.* 1).

Cette sollicitation de l'aile vers son bord d'attaque correspond à la création sur celui-ci de dépressions anormales dues à un retard au décollement, retard provoqué par l'accélération ; ce fait connu fut mis en évidence par

les films de Prandtl-Tietjens (3), ainsi que par Townend (4) et Farren (5).

c. Au cours du freinage, si l'incidence est inférieure à 14°, F_c atteint très progressivement la valeur zéro. Si l'incidence est supérieure à 14°, F_c décroît d'abord brutalement et peut même devenir négatif, effet inverse de celui obtenu au démarrage et provoqué par l'exagération du décollement. Puis F_c repasse par un maximum positif avant d'atteindre très progressivement la valeur nulle, plusieurs secondes après l'arrêt de l'obstacle (*fig.* 1). Le fluide du sillage, lancé par inertie, rattrape l'obstacle et provoque les phénomènes observés

2° Dans une deuxième série d'expériences, le chariot porte-modèle est animé de mouvements saccadés, de vitesse moyenne v, l'accélération passant de 0,8 à −0,4 m/sec². La fréquence des variations de l'accélération est, dans les expériences auxquelles se rapportent les enregistrements reproduits, 1/4, 1 et 4 par seconde.

Les essais ont été faits pour l'incidence de 27° où la valeur f de F_c en régime uniforme est nulle, quelle que soit la vitesse de régime.

Les mouvements saccadés donnent pour la force une valeur moyenne $\overline{F}_c$ positive; le coefficient $C_c = 2\overline{F}_c/\rho S v^2$ (ρ masse spécifique du fluide, S surface de l'aile) est alors de l'ordre de 0,2.

Des impulsions périodiques communiquées à une aile d'avion provoquent donc, à une grande incidence, une augmentation de finesse correspondant à l'atténuation des effets du décollement : cette propriété peut expliquer l'augmentation de portance maximum d'une aile quand le vent devient plus turbulent.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur une inégalité à longue période du moyen mouvement de Pluton due aux actions perturbatrices de Jupiter et de Saturne*. Note de M. **Henri Roure**, présentée par M. Jean Chazy.

En étudiant le mouvement de Pluton, j'ai été amené à considérer l'argument $9\zeta - 11\zeta' + 4\zeta''$, où ζ, ζ', ζ'' représentent respectivement les anomalies moyennes de Pluton, de Saturne et de Jupiter; et j'ai calculé

(3) *Comptes rendus Congrès international de Mécanique appliquée*, 1, Stockholm, août 1930, p. 331-333.

(4) *Journal of Aeronautical Sciences*, 3, x, août 1933, p. 201.

(5) *Aeronautical Research Committee*, R. et M., 1561, août 1933, p. 34.

une inégalité du moyen mouvement de Pluton, du second ordre par rapport aux masses et qui dépend de cet argument.

J'ai eu recours à la méthode de Cauchy légèrement modifiée pour l'adapter au cas actuel. L'argument considéré peut être écrit sous la forme

$$9\zeta - 7\zeta' - 4(\zeta' - \zeta''),$$

et, sous cette forme, nous voyons qu'il est composé des arguments $9\zeta - 7\zeta'$ relatifs à Pluton et Saturne et $4(\zeta' - \zeta'')$ relatif à Saturne et Jupiter. Nous devrons donc calculer par la méthode de Cauchy l'inégalité d'argument $9\zeta - 7\zeta'$, mais, en faisant varier les éléments de Saturne par Jupiter, du fait de l'inégalité d'argument $4(\zeta' - \zeta'')$.

En adoptant les éléments de Jupiter et de Saturne donnés par la *Connaissance des Temps*, pour l'Équinoxe 1900,0 et ceux de Pluton donnés par le Docteur Zagar (1), ramenés au même Équinoxe, nous obtenons comme diviseur le nombre

$$9n - 11n' + 4n'' = -59'',1705,$$

nombre très petit.

Pour appliquer la méthode de Cauchy, nous avons adopté les notations de V. Puiseux (2). L'inégalité est le résultat de l'intégration de l'équation différentielle

$$\frac{d^2\rho}{dt^2} = -\frac{6}{\sin 1''}\,\frac{m'}{1+m}\,\mu^2 na\,\mathfrak{M}\sin(n'\zeta' - n\zeta + \Omega),$$

dans laquelle les lettres accentuées se rapportent à Saturne et les autres à Pluton : $\mathfrak{M}$ et Ω sont donnés par les équations qui dérivent de la méthode de Cauchy (3). Si nous faisons varier les éléments de Saturne par Jupiter, nous devrons remplacer a' et l' par $a' + \delta_1 a'$ et $l' + \delta_1 l'$. Il est inutile de faire varier l'excentricité et le périhélie de Saturne, car leurs perturbations d'argument $4(\zeta' - \zeta'')$ sont négligeables devant les perturbations de a' et de l'. Dans ces conditions, et utililisant les notations de V. Puiseux (4), nous avons obtenu, en appelant $A'\cos D'$ et $L'\sin D'$ les perturbations de a' et l',

$$\frac{\partial\mathfrak{M}}{\partial a'} = \frac{n'}{a'}\mathfrak{M}, \qquad \frac{\partial\Omega}{\partial a'} = 0.$$

(1) *Circulaires de Copenhague*, n° 305, novembre 1930, p. 1.
(2) *Annales de l'Observatoire de Paris*, t. VII, p. 102.
(3) *Loc. cit.*, p. 195.
(4) *Loc. cit.*, p. 218 et suiv.

Nous avons obtenu ainsi l'inégalité sous la forme

$$\delta_2 \rho = \Upsilon \mathfrak{M} \sin(n'\zeta' - n\zeta + \Omega - D'),$$

où Υ a la valeur

$$\Upsilon = 3 \frac{m'}{1+m} na \left(\frac{\mu}{n'\mu' - n\mu - 4|\mu' - \mu|} \right)^2 \left(\frac{n'}{a'} A' - n'L' \right).$$

Dans le cas actuel, A' et L' ont les valeurs suivantes :

$$A' = -143'', \qquad L' = -23'',92.$$

Utilisant les éléments choisis et mettant en nombres les coefficients trouvés plus haut, nous avons obtenu pour l'inégalité cherchée l'expression suivante où la précision est celle du dixième de seconde d'arc

$$\delta_2 \rho = 0'',1 \sin(9l - 11l' + 4l'' - 9\varpi + 11\varpi' - 4\varpi'' + 136^\circ 19' 0'',70).$$

Comme A' et L' sont du premier ordre par rapport à la masse de Jupiter et que celle de Saturne entre comme facteur au premier degré, nous voyons que cette inégalité est bien du deuxième ordre par rapport aux masses.

Sa période est très longue, de l'ordre de 21000 ans, de sorte qu'on pourrait l'assimiler à une inégalité séculaire.

ÉLECTRICITÉ. — *Les piles de concentration à électrons et la mesure du* pH. Note [1] de M. **Vasilesco Karpen**, présentée par M. Aimé Cotton.

Il n'existe pas, dans les théories actuelles, d'explication satisfaisante du fonctionnement des piles à électrodes identiques, en métal inattaquable, plongées dans deux électrolytes quelconques se touchant et ne contenant pas de cations du métal.

Selon la théorie déjà exposée [2], *ces piles sont des piles de concentration à électrons*, dont la force électromotrice est

$$(9) \qquad E_{12} = RT \log \frac{\mathcal{E}'_2 + nx_2}{\mathcal{E}'_1 + nx_1},$$

x_1 et x_2 étant donnés par la relation (4)

$$V = \theta - \frac{RT}{n} \log \frac{\mathfrak{M}}{x} = -\tau + RT \log \frac{\mathcal{E}}{\mathcal{E}' + nx},$$

(1) Séance du 20 novembre 1939.

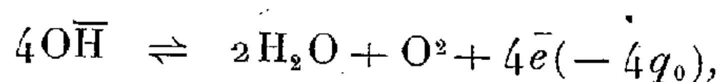
(2) *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 474 et 509.

appliquée aux deux électrolytes (avec $\mathfrak{M}' = 0$), et l'on vérifie aisément que pour certains métaux, pour certaines valeurs de n et $\theta + \tau$, par exemple $n = 2$, $\theta + \tau = 1,8$, nx est négligeable par rapport à $\mathcal{E}'$ même pour de très faibles valeurs de $\mathcal{E}'$. La formule (9) devient donc

$$\text{(10)} \qquad E_{12} = RT \log \frac{\mathcal{E}'_2}{\mathcal{E}'_1};$$

nous l'adopterons pour simplifier, quoiqu'elle ne puisse pas remplacer toujours la formule exacte (9).

Entre les concentrations des divers éléments présents dans une solution contenant par litre a équivalents d'acide ou a équivalents de base, dissociés, savoir : les concentrations C_{H^+}, $C_{\overline{OH}}$, $C_{\bar{e}}$, des ions H^+, $\overline{OH}$ et des électrons, C_{O_2} concentration de l'oxygène provenant de l'équilibre



$$4\overline{OH} \rightleftharpoons 2H_2O + O^2 + 4\bar{e}(-4q_0),$$

et C_{H_2} concentration de l'hydrogène dû à l'équilibre $2H^+ + 2\bar{e} \rightleftharpoons H_2(+2q_H)$, il existe les relations données par la loi d'action de masse

$$C_{H^+} C_{\overline{OH}} = c; \qquad C_{H^+} C_{\bar{e}} = k_1 C_{H_2}^{\frac{1}{2}}; \qquad C_{O_2}^{\frac{1}{4}} C_{\bar{e}} = k_2 C_{\overline{OH}};$$

k_1 *et* k_2 *étant déterminés par les quantités de chaleur* q_0 et q_H.

D'autre part $C_{O_2}^{1/4} = C_{\bar{e}} + C_{H_2}^{1/2}$; $C_{H^+} - C_{\overline{OH}} - C_{\bar{e}} = \pm a$, le signe + de a se référant à la solution acide.

On tire de ces 5 relations, en négligeant $C_{\bar{e}}$ dans la dernière,

$$\text{(11)} \qquad C_{\bar{e}} = \sqrt{\frac{c k_1 k_2}{C_{H^+}(k_1 + C_{H^+})}} \qquad \text{avec} \qquad C_{H^+} = \frac{\pm a + \sqrt{a^2 + 4c}}{2},$$

et l'on voit que, si l'on néglige k_1 par rapport à C_{H^+}, on obtient dans tous les cas, pour la force électromotrice d'une pile à électrolytes (1) et (2) acides ou basiques de concentrations différentes, y compris la pile Becquerel, la même expression que dans la théorie classique

$$\text{(12)} \qquad E_{12} = RT \log \frac{\mathcal{E}'_2}{\mathcal{E}'_1} = RT \log \frac{C_{\bar{e}}^2}{C_{\bar{e}}^1} = RT \log \frac{C_{H^+}^1}{C_{H^+}^2}.$$

Si les solutions sont saturées d'hydrogène ou d'oxygène, les mêmes relations, sauf la quatrième, déterminent les concentrations C_{H^+}, $C_{\bar{e}}$, naturellement modifiées par la présence de ces gaz. Cette fois, C_{H_2} respectivement C_{O_2} sont des données dépendant de la pression des gaz. On obtient

exactement

$$(13)\qquad C_{\overline{e}}^{\mathrm{H}}=\frac{k_1 C_{\mathrm{H}_2}^{\frac{1}{2}}}{C_{\mathrm{H}+}^{\mathrm{H}}}\qquad \text{avec}\qquad C_{\mathrm{H}+}^{\mathrm{H}}=\frac{1}{2}\left(\pm a+\sqrt{a^2+4\left(c+k_1 C_{\mathrm{H}_2}^{\frac{1}{2}}\right)}\right),$$

$$(14)\qquad C_{\overline{e}}^{0}=\frac{c k_2}{C_{\mathrm{O}_2}^{\frac{1}{4}} C_{\mathrm{H}+}^{0}}\qquad \text{avec}\qquad C_{\mathrm{H}+}^{0}=\frac{1}{2}\left(\pm a+\sqrt{a^2+4c\left(1+k_2/C_{\mathrm{O}_2}^{\frac{1}{4}}\right)}\right).$$

Dans ce cas aussi la force électromotrice d'une pile formée de deux électrolytes quelconques de cette catégorie est donnée par la formule (12).

On croit déterminer le rapport entre la concentration en ions H^+ d'un liquide et celle d'un liquide étalon — mesure du pH — en mesurant la force électromotrice d'une pile formée des deux liquides en question saturés d'hydrogène. Mais, en procédant ainsi, *on mesure en réalité le rapport des concentrations en électrons*. Pour les solutions acides ou basiques considérées plus haut, ce rapport est bien l'inverse du rapport des concentrations en ions H^+, *mais c'est celui des concentrations modifiées par la présence de l'hydrogène*. Pour la solution acide étalon, relativement concentrée, l'augmentation *relative* du $C_{\mathrm{H}+}$ est insignifiante, de sorte que ce que l'on mesure, dans le cas des solutions faiblement concentrées, c'est le $C_{\mathrm{H}+}$ donné par la formule (13), alors que le vrai $C_{\mathrm{H}+}$ est celui de la formule (11). La différence est d'autant plus marquée que la solution est plus proche de la neutralité.

Dans le cas d'une solution neutre ou presque neutre ($a \approx 0$), on mesure $\sqrt{C+K_1 C_{\mathrm{H}_2}^{1/2}}$ au lieu de $\sqrt{C}$. Des mesures précises pourraient déterminer $K_1 C_{\mathrm{H}_2}^{1/2}$, donc K_1.

RAYONS X. — *Sur une nouvelle forme de théorie de l'action biologique des rayons X*. Note de M. **Jean-A. Reboul**, présentée par M. Aimé Cotton.

On a tenté d'expliquer par une théorie mathématique un grand nombre de résultats expérimentaux obtenus depuis une vingtaine d'années sur l'action biologique des rayons X : cette théorie, émise par Crowther, suppose que la loi d'action des rayons X sur une population biologique est une loi de probabilité : un individu de la population est détruit s'il est *atteint* un certain nombre de fois p par la dose de rayons; si N est le nombre initial d'individus de la population, α la probabilité pour qu'un élément soit *atteint* par l'unité de dose dans l'unité de temps, q la dose totale de rayons X appliquée, le nombre y_q de survivants est donné par la formule de

Crowther

$$y_q = \mathrm{N}e^{-\alpha q}\left[1 + \frac{\alpha q}{1} + \frac{(\alpha q)^2}{2!} + \ldots + \frac{(\alpha q)^{p-1}}{(p-1)!}\right].$$

Cette formule rend un compte assez exact de la forme des courbes de survivance expérimentales donnant le nombre de survivants en fonction de la dose de rayons X appliquée.

Cependant l'hypothèse de Crowther n'est pas suffisante : un certain nombre d'expériences ont montré qu'au cours de leur vie les éléments biologiques sont plus ou moins sensibles aux radiations, que cette radiosensibilité varie suivant les modalités d'application des rayons et parfois même durant leur application, aussi a-t-il fallu ajouter des hypothèses supplémentaires pour pouvoir rendre compte de ces faits. D'ailleurs il existe implicitement dans la théorie de Crowther une autre hypothèse de base, variable suivant l'élément considéré, qui ne repose jusqu'ici sur aucun fait expérimental : c'est que certains éléments d'une même population nécessitent seulement 2 *atteintes* pour être détruits, alors que d'autres en nécessitent 45 ou davantage. En outre d'autres hypothèses ont été nécessaires pour rendre compte de l'influence de la longueur d'onde de la radiation X employée ou pour expliquer que deux doses identiques de rayons appliquées dans des conditions identiques n'ont pas le même effet (hypothèse du facteur de récupération). Enfin on ne peut dégager de la théorie de Crowther, si on ne la complète, de règle pratique d'application des rayons X à la biologie.

On peut édifier une théorie suffisamment correcte, basée sur un très petit nombre d'hypothèses et répondant à la plupart des questions posées. Pour cela nous admettons que : *a*. la loi d'action des rayons X sur une population biologique est une loi de probabilité; *b*. la probabilité de mort α d'un élément (ou la probabilité pour qu'un effet donné soit atteint) est à chaque instant une fonction de la dose de rayons X déjà appliquée.

Cette seconde hypothèse embrasse à elle seule tous les cas que nous avons énumérés rapidement plus haut, reste à voir si elle permet une explication théorique satisfaisante des résultats quantitatifs obtenus.

Supposons qu'on applique une dose d'intensité unité pendant un temps t, l'hypothèse faite s'écrit $\alpha = f(t)$.

Soit z_1 le nombre d'individus tués au temps t, y_1 le nombre de survivants, on a, si N est le nombre initial d'individus,

$$\frac{dz_1}{dt} + \alpha z_1 = \alpha \mathrm{N},$$

ce qui s'intègre immédiatement

$$z_1 = N - N e^{-\int \alpha\, dt}$$

et

$$y_1 = N - z_1 = N e^{-\int \alpha\, dt}.$$

Ces formules permettent, en utilisant les résultats expérimentaux déjà obtenus, soit de construire les courbes y_1 connaissant les variations de α en fonction du temps, soit de déduire $\alpha = f(t)$ des variations de y_1 par la formule

$$\alpha = -\frac{y'_1}{y_1}.$$

Les différences entre les courbes de survivance proviendraient uniquement de différences entre les lois de variations de la probabilité α en fonction des doses de rayons X, cette probabilité pouvant d'ailleurs rester constante (courbe de survivance exponentielle) ou non.

Les courbes construites d'après les résultats expérimentaux connus indiquent que α croît, passe par un maximum, puis décroît pour devenir constant, le maximum étant assez aigu pour qu'on puisse assimiler la courbe α à une *courbe de résonance;* on voit l'intérêt qu'il y aurait pour la pratique à réaliser des expériences en se plaçant dans les conditions où la dose de rayons appliquée correspond au maximum de la probabilité de mort pour la population biologique envisagée : ce qui précède permet de déterminer les conditions optima dans le cas du traitement d'une population biologique composée d'individus identiques par une dose de rayons X constante appliquée pendant un temps donné.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Changements d'intensité et de composition des rayons cosmiques avec la latitude magnétique.* Note [1] de MM. **P. Auger**, **R. Grégoire**, **R. Maze** et **B. Goldschmidt**, présentée par M. Jean Perrin.

1. Il avait été montré par P. Auger et L. Leprince-Ringuet, au cours de mesures faites en 1934 entre les latitudes géographiques 40°N et 38°S, que le nombre de corpuscules cosmiques frappant l'unité de surface hori-

[1] Séance du 20 novembre 1939.

zontale dans l'unité de temps, subissait la baisse équatoriale découverte par Clay sans que la composition du rayonnement soit changée, le groupe dur (D) et le groupe mou (M) variant sensiblement de la même façon. Cette constatation ayant pris récemment un regain d'intérêt, nous avons voulu la préciser au cours d'un voyage de mesures entre Marseille et Tahiti par Panama, qui a eu lieu du 10 juillet au 1er novembre 1939. Les mesures ont porté également sur certaines catégories de gerbes. Les dispositifs de mesures placés dans une construction légère sur le pont du paquebot *Commissaire-Ramel* des Messageries Maritimes, étaient constitués par des compteurs de 100^{cm^2} de surface efficace, montés en coïncidences doubles sur un sélecteur à grand pouvoir séparateur; les fortuites étaient de 0,2 par heure.

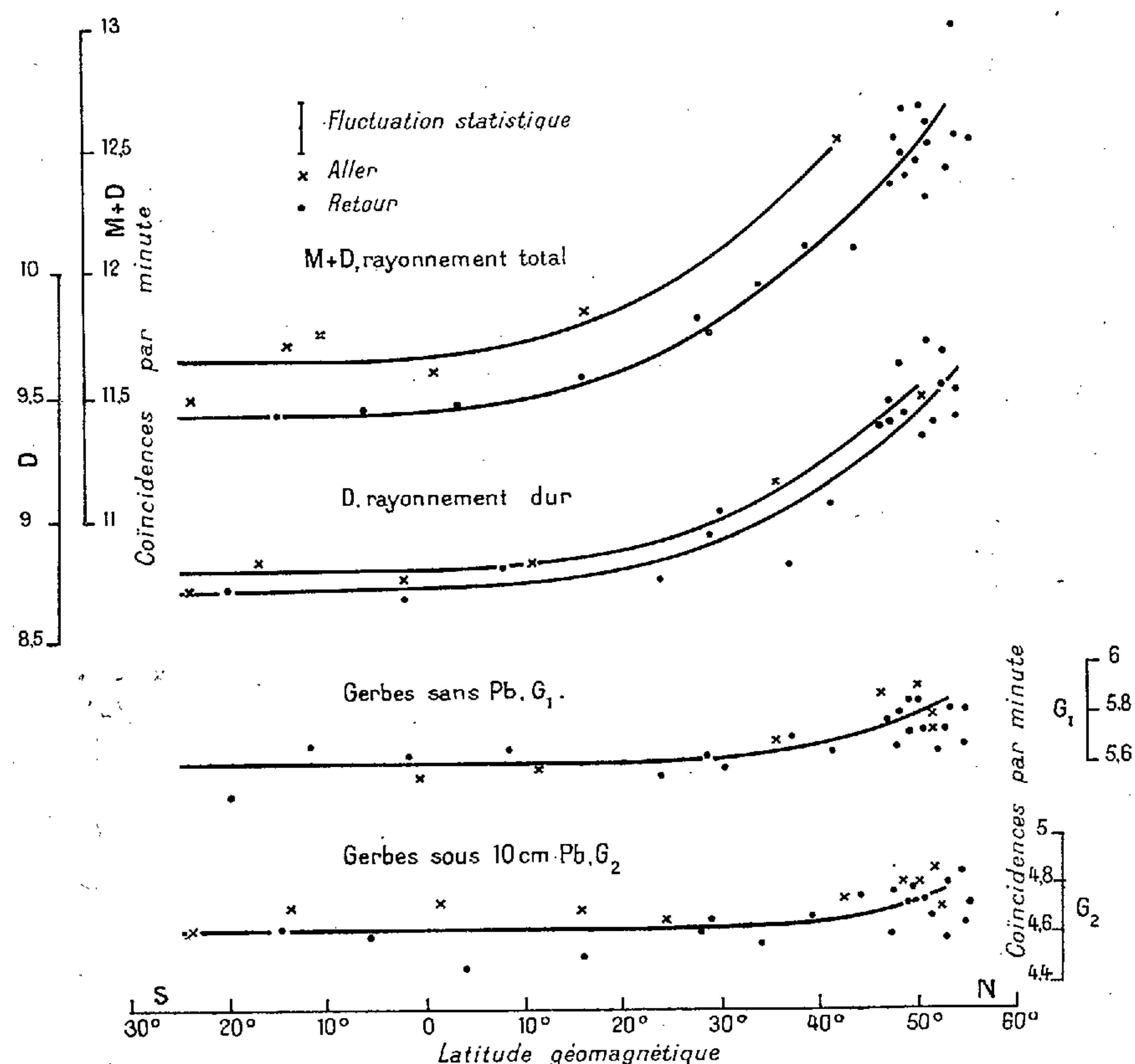
2. Pour la mesure de l'intensité verticale globale (M + D), les deux compteurs étaient placés l'un au-dessus de l'autre, à 18^{cm} de distance entre axes. Lorsqu'un écran de plomb de 10^{cm} d'épaisseur était intercalé, la mesure était considérée comme donnant l'intensité du groupe dur (D). Le rapport M/D ainsi obtenu était de l'ordre de 30 %. Chaque point correspondant environ à 15000 chocs, comporte donc une fluctuation statistique de ± 1 %. On a indiqué sur les courbes ci-après la variation des intensités en chocs par minute suivant la latitude géomagnétique. Le minimum paraît décalé d'une dizaine de degrés vers le Sud. A l'aller et au retour, les mesures diffèrent en valeur absolue, à cause d'une petite différence de disposition sur le pont du navire (voisinage de la cheminée), ce qui affecte naturellement surtout le rayonnement mou. La correction barométrique, d'ailleurs très faible, a été faite tout le long du parcours. En prenant les mesures du retour par exemple, les résultats sont les suivants :

$\lambda_{mag.}$	M + D.	D.	M.	M/D.	G_1.	G_2.	G_1/G_2.
52° N...	12,6	9,5	3,1	0,325	5,8	4,75	1,22
10° S...	11,4	8,7	2,7	0,31	5,6	4,6	1,22

Ces résultats montrent donc la très grande constance de la composition du rayonnement cosmique en ce qui concerne la proportion relative de mésotons et d'électrons.

3. Pour la mesure des gerbes, les deux compteurs étaient placés côte à côte, à $5^{cm},4$ entre axes. Les gerbes de l'air et de la toiture en bois mince qui couvrait les appareils étaient mesurées avec les compteurs nus (G_1). Un écran de plomb de 10^{cm} pouvait être disposé dessus, ne laissant que les gerbes produites par un rayonnement pénétrant (G_2). La variation

totale est de l'ordre de 3,5 %, la même pour les deux groupes de gerbes, entre 10° Sud et 52° Nord. Chaque point représente environ 7000 chocs, à 5 par minute; la fluctuation normale serait donc peu supérieure à 1 %. On voit cependant que les mesures présentent moins de régularité que dans le cas des rayons solitaires.



4. Les résultats au sujet de l'intensité relative des groupes dur et mou forment un argument en faveur de l'hypothèse de la décomposition spontanée des mésotons. En effet, dans cette hypothèse, les électrons du groupe mou présents au niveau de la mer, sont presque entièrement constitués par les électrons de décomposition des mésotons et leurs secondaires. Leur intensité doit donc suivre celle des mésotons dans ses variations, ce qui est très précisément le cas dans les mesures ci-dessus. Au sujet de la variation des gerbes, il résulte de nos mesures, qu'elle n'est que d'environ 1/3 de celle des particules isolées. On peut attribuer ce fait

partiellement au rôle joué par un rayonnement ne subissant pas de variation en latitude, tel que celui qui forme les grandes gerbes, dont les gerbes locales sont quelquefois des portions. D'autre part ce sont surtout les mésotons de moindre énergie qui sont éliminés par le champ magnétique terrestre, et ces particules avec leurs électrons de décomposition sont sans doute les moins actives dans la formation des gerbes. En tout cas les gerbes sous faible épaisseur de matière et sous 10^{cm} de plomb subissent le même effet, ce qui conduit à les considérer comme de nature semblable, d'accord avec la théorie qui attribue les premières aux électrons de décomposition des mésotons et les dernières aux électrons projetés par le choc des mésotons dans la matière traversée.

COLLOÏDES. — *Préparation du rhénium à l'état colloïdal et ses propriétés catalytiques.* Note [1] de M. C. **Zenghelis** et Mlle **Catherine Stathis**, transmise par M. Auguste Béhal.

Nous avons montré (*Öster. Chem. Zeitung*, 4, 1937) que le rhénium finement pulvérisé possède des propriétés catalytiques. Il réalise, par exemple, la formation de l'ammoniaque à partir de ses éléments etc.

Ce fait nous a conduits à essayer de lui donner l'état colloïdal dont l'action catalytique devait être, selon toute probabilité, plus prononcée. Nous y sommes arrivés en utilisant le procédé par lequel l'un de nous est parvenu à obtenir le rhodium à l'état colloïdal [2], ayant des propriétés catalytiques et hydrogénantes très actives [3].

On obtient par ce procédé [4] le rhénium colloïdal en humectant d'abord l'acide protalbinique avec de la soude caustique jusqu'à ce qu'il se gonfle. On l'ajoute alors à une solution de perrhénate de potassium, on chauffe à 60°, et l'on réduit par une solution de formol à 6 %. La solution colloïdale ainsi formée est de couleur brun foncé et très stable. Le rhénium colloïdal ainsi préparé absorbe 400 fois son volume, il accélère la décomposition du peroxyde d'hydrogène, il transforme totalement l'acide maléique en acide succinique etc.

---

[1] Séance du 20 novembre 1939.

[2] *Comptes rendus*, **162**, 1920, p. 914.

[3] *Wien. Ak. d. Wiss.*, **147**, 1938, p. 134-138, et *Monatshefte für Chem.*, **72**, 1938, p. 58.

[4] *Atti del Xe Cong. intern. di Chimica*, **2**, 1938, p. 821.

Comme ce produit ne peut agir qu'en solution alcaline, nous avons cherché à l'obtenir par le procédé de Skita, dont les produits colloïdaux sont stables, même dans des milieux légèrement acides. Skita se sert de la gomme arabique comme colloïde protecteur et de l'hydrazine comme agent de réduction.

En ajoutant, tout d'abord, à une solution de rhénium-hexachlorure de potassium ($ReCl^6K^2$) de la gomme arabique, il se produit déjà en très petite quantité un colloïde instable présentant le mouvement brownien. Par l'addition d'hydrazine, d'après Skita, on n'obtient qu'une solution colloïdale brune très instable, dont la couleur devient bientôt jaunâtre et, après quelques heures, il ne reste qu'une solution incolore et transparente. Finalement pour obtenir un colloïde stable, nous opérons comme il suit.

On dissout 1^g d'hexachlorure dans 10^{cm^3} d'eau qu'on mélange bien avec 100^{cm^3} d'une solution de gomme, on ajoute 60^{cm^3} de solution d'hydrazine à 1 %, on chauffe à 45°-50°, on ajoute goutte à goutte 3^{cm^3} de formol (35 %) et l'on chauffe encore pendant une demi-heure. La couleur revient alors au brun foncé. Après avoir soumis la solution colloïdale à une dialyse prolongée, on la concentre à 45°-40° jusqu'à 100^{cm^3}. La solution colloïdale préparée ainsi se conserve inchangée pendant des mois. Elle présente le mouvement brownien à l'ultramicroscope et a une charge négative.

La solution, agitée pendant 24 heures, avec de l'hydrogène, en absorbe 700 fois le volume du rhénium.

Ses propriétés catalytiques sont les suivantes :

1° Il accélère la décomposition de la solution alcaline du peroxyde d'hydrogène. Nous avons fait plusieurs essais en nous servant des solutions de différentes concentrations. La marche de la décomposition fut chaque fois constatée par la décomposition d'une solution de permanganate N/100.

Une solution contenant $0^g,207$ de rhénium a décomposé à 18° 10^{cm^3} de peroxyde contenant 1^{mol} comme il suit.

Temps en minutes..................	0.	30.	60.	120.	360.
Solution N/100 de permanganate......	15,6	11,5	9,2	4	0,8

Il détermine la formation de l'ammoniaque à partir de ses éléments. En faisant passer à 85° trois litres d'un mélange de trois volumes d'hydrogène et d'un volume d'azote, dans 10^{cm^3} de la solution colloïdale contenant $0^g,025$ de rhénium pendant une heure et demie, on obtient $10^{cm^3},6$ d'ammoniaque N/100.

2° Il produit l'hydrogénation de l'acide maléique et de l'acide cinnamique. Une solution contenant $8^g,3$ d'acide maléique neutralisé par le carbonate de soude, additionnée de 10^{cm^3} d'une solution colloïdale contenant 0,0206 de rhénium, se transforme totalement dans 210 minutes, à une température de 28°, en acide succinique.

Une solution d'acide cinnamique de $0^g,3$ dans les mêmes conditions se change totalement en acide hydrocinnamique en 300 minutes.

Le colloïde est-il un métal ou un sous-oxyde quelconque du rhénium ? La réduction facile de ses sels, la résistance à l'oxydation à haute température et à l'eau privée d'air, son poids spécifique etc. le rapprochent beaucoup des métaux du groupe du platine, qui prennent l'état colloïdal par des procédés analogues.

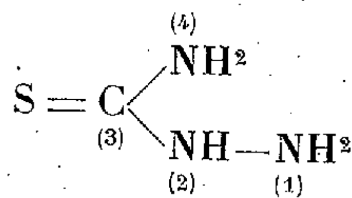
Le colloïde obtenu par cette dernière méthode, c'est-à-dire par l'utilisation de la gomme arabique comme colloïde protecteur, possède comme catalyseur et comme agent d'hydrogénation une plus grande activité que celui que nous avons préparé précédemment avec le protalbinate.

En général, parmi les métaux rares préparés à l'état colloïdal par Paal, Skita et nous, le rhodium, préparé par nous pour la première fois à l'état colloïdal, absorbe plus d'hydrogène et possède comme catalyseur et agent d'hydrogénation la plus grande activité; le palladium et le platine viennent immédiatement après. Le rhénium montre une activité assez faible, ainsi que l'iridium, l'osmium, etc.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les 2-alcoylthiosemicarbazides.*

Note de M. **Eugène Cattelain**, présentée par M. Marcel Delépine.

On connaît déjà un certain nombre de thiosemicarbazides substituées obtenues par remplacement d'un ou plusieurs atomes d'hydrogène par des groupes alcoylés,

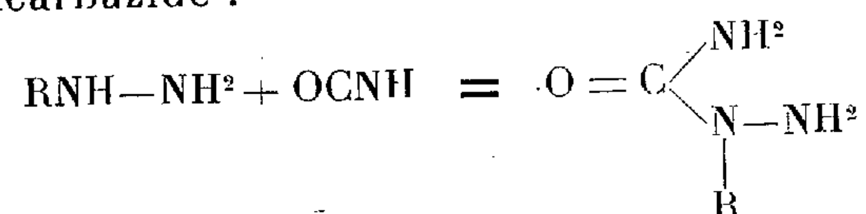


C'est ainsi que les 4-alcoylthiosemicarbazides ont été préparées par Pulvermacher ([1]), Freund et Schwarz ([2]), par action de l'hydrazine sur les sénevols et la 3-méthylthiosemicarbazide, à l'état d'iodhydrate, par Freund et Paradies ([3]), en faisant réagir l'iodure de méthyle sur la thiosemicarbazide.

L'objet de cette Note est de faire connaître un mode d'obtention des 2-alcoylthiosemicarbazides, composés qui n'ont pas encore été signalés.

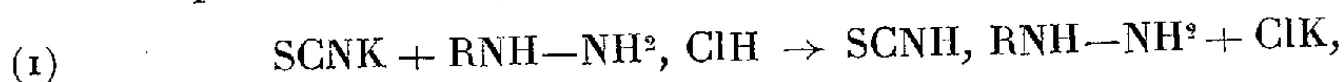
([1]) *Ber. d. chem. Ges.*, **27**, 1894, 622.
([2]) *Ber. d. chem. Ges.*, **29**, 1896, p. 2486.
([3]) *Ber. d. chem. Ges.*, **34**, 1901, p. 3114.

Nous nous sommes inspiré des travaux de Fischer ([4]), von Brüning ([5]), Young et Oates ([6]). Ces auteurs ont montré que le cyanate de potassium est susceptible de réagir sur les sels d'hydrazine monoalcoylés en donnant une 2-alcoylsemicarbazide :



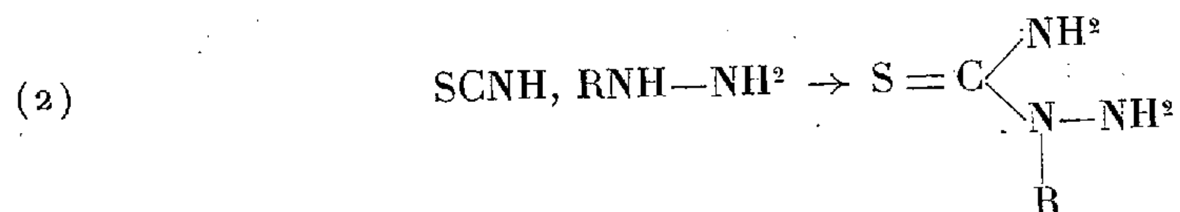
Nous avons constaté que le sulfocyanate de potassium se comporte de façon analogue au cyanate de potassium en fournissant une 2-alcoylthiosemicarbazide.

Il est à remarquer toutefois que, dans le cas des 2-alcoylthiosemicarbazides, la réaction se fait en deux temps que nous avons pu séparer. Dans un premier temps, il y a formation de sulfocyanate d'alcoylhydrazine :



(1) $SCNK + RNH-NH^2, ClH \rightarrow SCNH, RNH-NH^2 + ClK,$

qu'il est nécessaire d'isomériser dans une opération indépendante :



Cette deuxième phase s'accomplit aisément en chauffant à une température assez élevée, variable avec le sulfocyanate d'alcoylhydrazine.

La purification des 2-alcoylthiosemicarbazides s'effectue par cristallisation dans l'eau bouillante, ces composés étant beaucoup plus solubles à chaud qu'à froid.

Comme on pouvait s'y attendre d'après leur constitution, les 2-alcoylthiosemicarbazides fournissent facilement, avec les aldéhydes et les cétones, des thiosemicarbazones 2-substituées, montrant ainsi que la chaîne hydrazinique conserve un groupe $—NH^2$ libre.

Composés nouveaux obtenus. — 1° *Sulfocyanates d'alcoylhydrazine :* 2-*méthyl*, liquide (s'isomérisant vers 165° à la pression ordinaire); 2-*benzyl*, liquide (s'isomérisant vers 140° à la pression ordinaire).

([4]) *Ber. d. chem. Ges.*, **21**, 1888, p. 1221.
([5]) *Liebigs Ann.*, **253**, 1889, p. 10.
([6]) *Journ. chem. Soc.*, **71**, 1901, p. 661.

2° 2-*Alcoylthiosemicarbazides* :

2-*méthyl*, F. 183-184°. Analyse (%), C 22,70; H 6,76; N 40,51; S 30,56 (calculé pour $C^2H^7N^3S$, C 22,86; H 6,66; N 40; S 30,48);

2-*benzyl*, F. 155°. Analyse (%), C 52,83; H 6,18; N 23,51; S 17,78 (calculé pour $C^8H^{11}N^3S$, C 53,04; H 6,08; N 23,80; S 17,68).

3° *Thiosemicarbazones 2-substituées* :

	2-*méthylées* P. F.	2-*benzylées* P. F.
Ald. benzoïque	174°	215°,5
Ald. anisique	192	175
Ald. *p*-méthoxyhydratropique	100	195

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Le Plateau du Thimerais : dépôts et évolution morphologique.* Note de M. **André Cholley**, présentée par M. Charles Jacob.

La région du Thimerais (Dreux, Senonches, Chartres) se présente sous la forme d'un bloc dissymétrique, incliné vers le Nord et le Nord-Est. Les dépôts, qui parsèment ce plateau et reposent sur le Crétacé (c^7), offrent un grand intérêt morphologique.

1° *Argile à silex.* — Sur les parties hautes du plateau (200-220^m), en haut des versants des vieilles vallées (Challet, Clévilliers), on trouve souvent : en bas, des argiles à silex en place, et en haut, des argiles à silex remaniées; entre ces deux horizons, des blocs plus ou moins volumineux, formés de petits fragments de silex arrondis, cimentés par une pâte siliceuse très dure, proviennent sans doute d'une ancienne croûte brisée et remise en marche par le ruissellement ou la solifluction.

2° *Sables stampiens.* — La carte géologique en indique des placages sur les parties basses du plateau, près de la vallée de la Blaise et de Dreux; mais il en existe aussi près de Châteauneuf (200^m). Ils ne semblent pas fossiliser une plate-forme parfaite; ainsi à Dreux, au Nord de la Chapelle-Saint-Louis, ils ont comblé une dépression aux versants assez raides, entaillée de plus de 30^m dans le plateau crayeux; c'est une vallée ou dépression karstique. L'érosion récente ayant déblayé les sables, la section inférieure de la petite vallée coïncide en partie avec l'ancienne vallée pré-stampienne. On peut en conclure, ici comme en Brie, que la mer stampienne a recouvert une surface qui venait d'être rajeunie par l'érosion continentale.

3° *Pliocène* (p^1). — L. Aufrère, en étudiant le gisement de Saint-Prest, a mis en doute l'homogénéité de cette formation. Dans le Thimerais, l'étude de nombreux placages nous permet de confirmer cette manière de voir. A Theuvy on distingue deux horizons : l'un, inférieur, est composé de sables fins, de nature analogue à ceux de la carrière Nord de Dreux, c'est-à-dire stampiens; l'autre, supérieur, à côté de ces mêmes sables remaniés par le ruissellement, montre des éléments plus grossiers : c'est ce deuxième horizon seulement qui nous semble devoir être attribué au Pliocène. On

retrouve en d'autres endroits du haut plateau, des témoins de cet horizon, mais généralement peu épais (Challet, 200^{m}).

Dans les parties basses du plateau (Ouest et aval de Chartres), la formation a au moins 30^{m} d'épaisseur et elle ensevelit tout un réseau de vallées, ainsi que les croupes intermédiaires de craie, réalisant une véritable plaine de remblaiement vers 150^{m}. Sa structure (gravières de Berchères et de Saint-Prest) est, d'autre part, assez variée : coulées de solifluction, avec de gros blocs de calcaire aquitanien nageant sur des amas de silex, poches de sables ocres non stratifiés, lits de silex stratifiés etc., structure indiquant un remblaiement à l'aide d'éléments entraînés du plateau et des versants (argile à silex et sables stampiens) par le ruissellement et la solifluction, et déposés au pied des versants, tandis que les parties les plus fines (sables) s'entassaient dans des eaux calmes.

Le gisement de Saint-Prest, situé précisément dans cette formation, la date du Pliocène supérieur. Le creusement des vallées, antérieur au remblaiement, se rapporte donc au Pliocène moyen ou inférieur.

4° *Blocs épars.* — En divers points de la région on rencontre de gros blocs de grès sparnaciens et stampiens, de calcaire et de meulière aquitaniens. Leur signification morphologique est difficile à préciser. Seuls les blocs aquitaniens peuvent repérer une surface d'érosion. Or ils se rencontrent à plus de 20^{km} à l'Ouest et au Sud-Ouest de la limite actuelle des affleurements de l'Aquitanien : Saint-Prest (140^{m}); Sénarmont (180^{m}); Theuvy et Challet, Châteauneuf (220^{m}). Ils marquent l'extension extrême de la surface de la meulière de Beauce qui a tranché, vers 200^{m}, la partie supérieure du bloc du Thimerais. Ils jalonnent en même temps les déformations de cette surface, ployée en une gouttière dont l'axe coïncide à peu près avec le cours de l'Eure à l'aval de Maintenon et qui s'évase au Sud-Est, près de Chartres (*creux de Chartres*). Les déformations sont donc postérieures à l'Aquitanien et antérieures au creusement des vallées pliocènes.

Ces observations mènent aux conclusions suivantes :

1. La partie septentrionale du Thimerais, c'est-à-dire la région des environs de Dreux, jalonnée par les placages stampiens, garde les traces d'une topographie, pré-stampienne, de vallées ou de dépressions karstiques, indiquant probablement un pénéplaine en voie de rajeunissement.

2. La partie la plus élevée (Senonches-Châteauneuf) forme, vers 190-220 m., un plateau dont le plan tronque, sous un angle très faible, la surface pré-stampienne. Les blocs épars d'Aquitanien semblent indiquer que son façonnement est dû à la même érosion qui a créé dans la région parisienne la surface meuliérisée de la Beauce, surface d'âge aquitanien. On peut en voir une confirmation dans la croûte de silex ultérieurement désagrégée. Le rapport de cette surface aquitanienne avec la surface pré-stampienne indique un soulèvement en bloc du Thimerais à l'Oligocène, marquant sans doute le point culminant d'une série de mouvements qui avaient déjà, avant le Stampien, provoqué la formation de vallées encaissées.

3. Cette surface aquitanienne a enregistré de nouvelles déformations, qui l'ont ployée en gouttière entre Châteauneuf et Rambouillet et ont esquissé le *creux de Chartres*, réplique atténuée du *creux de Paris* et de la gouttière synclinale à son aval. Le tracé coudé de l'Eure aux abords de Chartres semble l'effet de ces déformations, dont la date ne peut guère se placer qu'au Pontien ou au Pliocène inférieur.

4. Le remblaiement du Pliocène supérieur a submergé un système de vallées, creusées à peu près jusqu'au niveau du plafond alluvial des vallées actuelles (120^m), s'élevant jusqu'à environ 150^m, et transformant en une plaine de remblaiement monotone une région découpée en collines par les vallées enfoncées, soit dans la surface stampienne (Dreux), soit dans la surface aquitanienne (Châteauneuf, Maintenon).

Étant donnée la faible action de l'érosion quaternaire, la plus grande partie de la topographie actuelle porte donc la trace de nombreux éléments de la morphologie pliocène.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Accumulation des hydrates de carbone dans les feuilles préalablement placées à l'obscurité.* Note de M. **Paul P. Stanescu**, présentée par M. Marin Molliard.

En étudiant la marche de la production et l'accumulation de l'amidon dans les feuilles des plantes vertes ayant séjourné préalablement 24 heures ou davantage à l'obscurité, j'ai montré [1] qu'elle suit une marche rythmique analogue à celle présentée, le même jour, par les feuilles normales de même espèce.

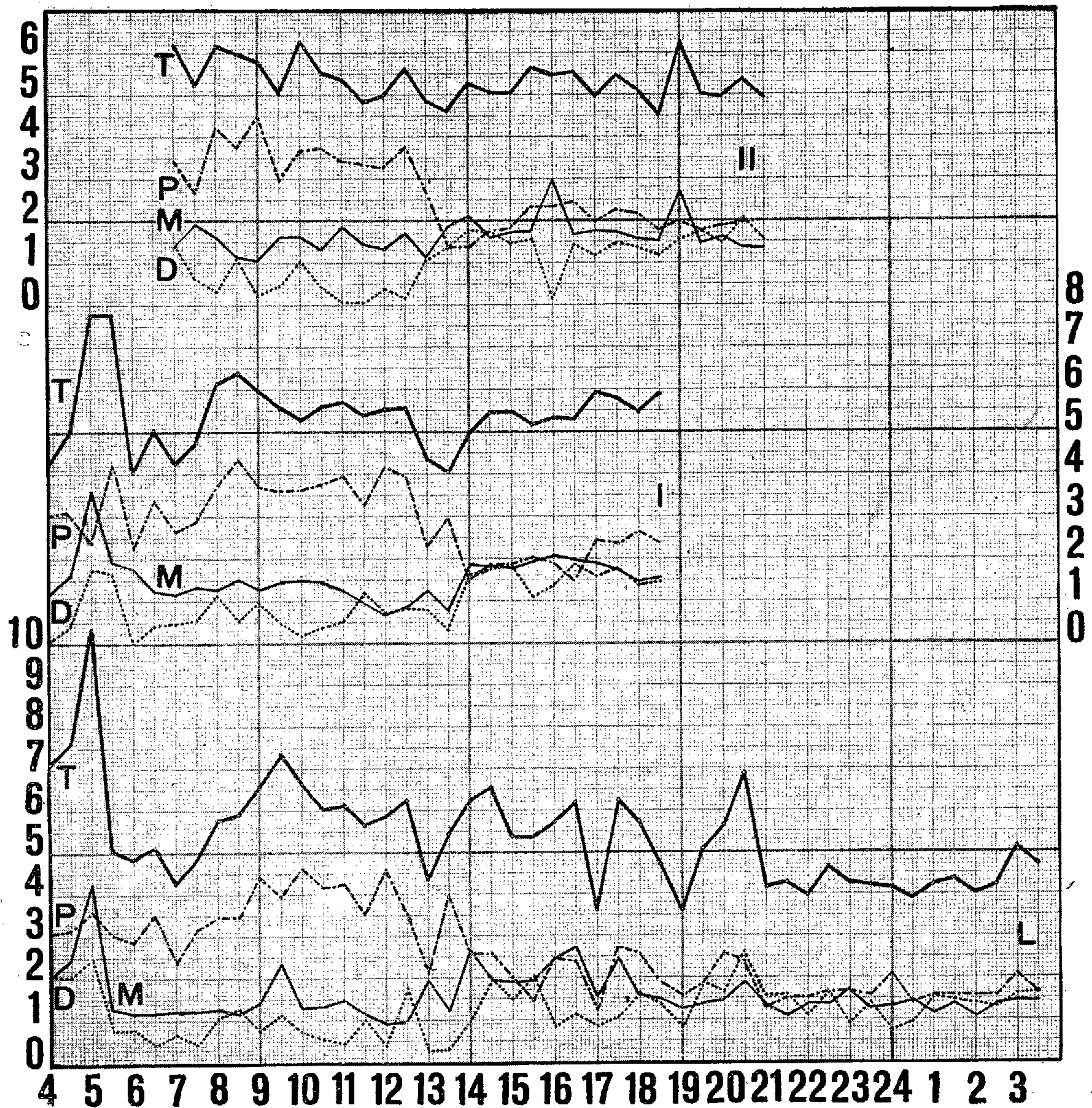
J'ai poursuivi cette étude en utilisant des méthodes plus précises que celles que j'avais employées autrefois.

La plante choisie dans ce but a été un abricotier (*Prunus armeniaca* L.). Certaines de ses branches ont été enveloppées dans de grandes feuilles de papier noir; groupées en six séries (d'après le moment de leur nouvelle exposition à la lumière), ces branches ont été découvertes ensuite successivement : à 4^h (série I, après 36 heures d'obscurcissement), à 7^h (série II, après 39 heures), à 11^h (série III, après 43 heures), à 16^h (série IV, après 48 heures), à 18^h (série V, après 50 heures) et à 19^h30^m (série VI, après 51 heures et demie d'obscurcissement).

---

(1) *C. R. Soc. Biol.*, 95, 1926, p. 132, et *Ann. Soc. de l'Univ. de Jassy*, 15, 1927, p. 185-200.

A des intervalles d'une demi-heure et en commençant par la première série (à 4^h), j'ai récolté de chacune d'elles un certain nombre de feuilles



Variations des hydrates de carbone dans les feuilles de *Prunus armeniaca* L. (valeurs rapportées à 100g d'eau contenue par les feuilles). — L, feuilles normales; I et II, feuilles auparavant obscurcies; M, monosaccharides; D, disaccharides; P, polysaccharides; T, total (par addition).

dans lesquelles on a déterminé le poids de la substance fraîche et sèche, l'eau et les hydrates de carbone. Pour comparaison, je récoltais et ana-

lysais également toutes les demi-heures des feuilles normales du même arbre.

Les principaux résultats obtenus, que je relaterai avec quelque détail dans un prochain Mémoire, sont les suivants :

1° Pendant la matinée, à partir de 5h30m, c'est-à-dire à partir du moment de la reprise de la photosynthèse, les quantités d'*amidon* indiquées par les analyses dépassent de beaucoup celles des *sucres solubles*, de sorte que les deux catégories de courbes qui les expriment sont assez écartées; entre 13h et 14h les quantités des trois sortes d'hydrates de carbone dosés deviennent sensiblement égales : les courbes des sucres solubles *montent* tandis que celle de l'amidon *descend*, pour continuer ensuite leur marche presque au même niveau jusqu'au lendemain matin (les courbes de la figure ci-contre ne représentent que les résultats des séries I et II ainsi que ceux de la série L normale).

2° *Ce rythme de l'accumulation des hydrates de carbone, constaté le jour considéré chez les feuilles normales, est reproduit fidèlement par celles qui avaient été gardées à l'obscurité avant l'expérience.* Les feuilles qui ont recommencé la photosynthèse après 13h ne présentent plus la phase d'écartement des courbes caractéristique de la matinée.

CYTOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action de l'apiol sur la caryocinèse et la cytodiérèse chez quelques phanérogames.* Note de M. **Pierre Gavaudan** et Mme **Noélie Gavaudan**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Les différentes formes d'apiol, substance naturelle extraite des graines de persil (apiol cristallisé blanc ou liquide jaune ou vert), possédant d'ailleurs des caractéristiques chimiques et toxiques différentes d'après Mercier et Vignoli (1), exercent une influence inhibitrice sur la caryocinèse des végétaux supérieurs (2). Dans une certaine mesure, cette action doit être rapprochée de celle de la colchicine et de diverses substances stathmocinétiques de synthèse.

Depuis nos premiers essais, effectués sur la jeune racine de *Triticum vulgare*, nous avons fait agir l'apiol (3) sur d'autres végétaux en germination.

(1) *C. R. Soc. Biol.*, 118, 1935, p. 170.

(2) P. et N. Gavaudan, *C. R. Soc. Biol.*, 131, 1939, p. 998.

(3) Dans les essais décrits ici nous avons utilisé l'apiol blanc cristallisé de Merck, P. F., 30° C. (Codex Français, 1908).

Les jeunes racines d'*Hordeum distichum erectum*, plus minces encore que celles de *Triticum*, sont très sensibles à l'action de l'apiol et montrent dès les vingt-quatre premières heures de traitement des cellules tétraploïdes et octoploïdes. Les anomalies de la caryocinèse sont très variées, comme chez *Triticum*. Il semble que l'appareil fusorial et les processus caryocinétiques soient altérés à des degrés divers selon les cas. D'une part, on peut trouver des cellules à deux métaphases plus ou moins normales, ce qui indique qu'il y a eu précédemment formation d'une cellule binucléée par l'absence de formation de la membrane.

Par ailleurs on rencontre de nombreuses figures cinétiques ressemblant à des stathmocinèses et dans lesquelles la disposition des chromosomes montre des irrégularités variées. On peut noter un certain retard apporté dans la séparation des éléments des paires chromosomiques. Ces cinèses aberrantes montrent des chromosomes doubles et encore jumelés ou simples et plus ou moins séparés selon les stades. La reconstitution des noyaux polyploïdes s'effectue de façon capricieuse, la désintégration chromosomique de la télophase se faisant sur place. Enfin les cloisonnements cellulaires, lorsqu'ils se produisent, sont très anormaux et donnent aux cellules un aspect monstrueux.

Avec *Cucurbita Pepo*, choisi comme second test, nous avons fait l'épreuve de l'activité de l'apiol sur la caryocinèse de noyaux d'un type différent, dits à *euchromocentres*. L'apiol exerce aussi dans ce cas une nette action sur la caryocinèse, bien qu'apparemment moins intense que chez *Hordeum* et *Triticum* et surtout plus difficile à observer et à interpréter, les chromosomes et les figures cinétiques étant de plus petite taille. L'apiol provoque chez *Cucurbita Pepo* des tuméfactions radiculaires d'importance variable avec la disposition des racines par rapport à la substance active, mais comparables à celles obtenues chez les Graminées que nous avons étudiées.

Nous avons surtout observé l'action de l'apiol sur les derniers stades de la caryocinèse. Il ralentit le transport anaphasique et y amène des irrégularités, ce qui provoque des anomalies télophasiques : 1° il y a production de cellules binucléées (sans doute par altération très discrète de la télophase); 2° la séparation des groupes chromosomiques de l'anaphase et de la télophase est imparfaite. Les groupes chromosomiques, parfois reliés par un pont, reconstituent des noyaux qui ne s'individualisent pas mais se fusionnent en un noyau tétraploïde irrégulier.

Au bout de quelques jours d'action de l'apiol, on rencontre des

complexes caryocinétiques hautement polyploïdes et difficiles à résoudre ainsi que des cellules monstrueuses dont les noyaux hyperploïdes sont déformés. Ces noyaux possèdent de nombreux nucléoles (plus de 20 parfois) et sont souvent profondément incisés. L'abondance et la répartition irrégulières de l'appareil nucléolaire sont reliées aux aberrations cinétiques; nous avons observé un phénomène analogue dans nos essais avec la colchicine (4). Remarquons enfin que dans les échancrures nucléaires s'insèrent des cloisons anormales ou des ébauches de cloisons.

Après la colchicine, l'apiol est donc la seconde substance connue, existant à l'état naturel, capable de modifier la caryocinèse et la cytodiérèse et susceptible de provoquer éventuellement la polyploïdie. Remarquons que les semences de *Petroselinum sativum* contiennent suffisamment d'apiol pour produire des anomalies caractéristiques chez des grains de blé mis en germination dans leur voisinage, c'est-à-dire la tuméfaction radiculaire et la polyploïdie.

GÉOBOTANIQUE. — *Variations du déficit hygrométrique dans les régions phytogéographiques de la Chine.* Note (1) de M. **Jacques Roi**, présentée par M. Henri Colin.

Au point de vue écologique, l'étude du déficit hygrométrique présente une grande importance, puisque, d'après la formule de Dalton

$$V = K(F - f)\frac{760}{P}S,$$

l'évaporation et la transpiration des plantes sont directement proportionnelles aux valeurs de $F - f$. J'ai recherché ces valeurs dans les différents territoires phytogéographiques de la Chine; elles permettent de mieux comprendre les relations des divers éléments floristiques régionaux avec l'humidité atmosphérique du pays (2).

L'étude de la tension de vapeur d'eau atmosphérique a donné peu

(4) P. et N. Gavaudan, *C. R. Soc. Biol.*, 128, 1938, p. 714.

(1) Séance du 20 novembre 1939.

(2) Les valeurs du déficit hygrométrique ont été calculées d'après les moyennes mensuelles enregistrées à l'observatoire de Zikawei (Shanghaï).

d'indications écologiques, car ses différences régionales, assez nettes en hiver, disparaissent en Chine, sous l'influence de la mousson d'été, pendant la période de végétation. En juillet, la tension de vapeur d'eau atteint en moyenne 22^{mm} à Hong-kong, 21^{mm} à Nan-king, et 18^{mm},9 à Pékin. Dans la plaine de la Chine du nord (Hopeh) la tension peut atteindre 25 et 28^{mm} certains jours d'été; ce sont des chiffres caractéristiques des régions tropicales.

Les variations du déficit hygrométrique présentent des différences beaucoup plus grandes dans les divers territoires phytogéographiques.

I. *Chine tropicale; élément floristique indo-malais.* — Pendant neuf mois de l'année les variations du déficit hygrométrique oscillent entre 2^{mm},8 et 5^{mm},0. Le maximum se produit de *septembre à novembre*, après les grandes pluies (juillet-août). C'est alors une période de bourgeonnement pour un certain nombre de plantes indo-malaises, *Balanophora Harlandi* Hook, *Chisocheton hongkongensis* Tutcher, *Cansjera Rheedii* Gmel., *Geniospermum hololichum* Hance, *Dædalacanthus nervosus* T. Anders, *Strobilanthes apricus* T. Anders etc. Ces espèces fleurissent en novembre-décembre, à Hong-kong, immédiatement après la chute du maximum du déficit hygrométrique.

II. *Chine du Sud-Ouest; élément floristique himalayen.* — Les variations du déficit hygrométrique restent faibles. C'est un caractère des régions tropicales et subtropicales. Voici, à titre d'exemple, les variations, à tous les mois de l'année, de F — *f* dans deux stations du Yunnan, Tungchwan (26°30′ lat. N; 102°50′ long. E), et Tengyueh (24°45′ lat. N; 98°14′ long. E; alt. 1633^{m}).

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Tungchwan.	3,2	3,8	3,0	2,3	2,1	3,1	1,2	1,1	0,7	1,1	1,7	3,3
Tengyueh...	3,1	3,6	4,1	4,6	4,3	3,7	2,8	2,8	3,2	3,1	3,4	2,8

Le maximum du déficit hygrométrique se produit entre *février et mai*. La période de pluie fera descendre le déficit hygrométrique à 1^{mm},1 et 0^{mm},7 à Tungchwan; l'évaporation est alors presque nulle.

III. *Chine du centre; élément floristique sino-japonais.* — Dans le bassin du Yang-tse l'évaporation est très faible pendant les mois d'hiver. La moyenne mensuelle du déficit hygrométrique marque 1^{mm},3 à Shanghaï et 1^{mm},5 à Nankin. Le maximum a lieu en *juillet-août*, pendant une période humide et de pleine végétation. Il est d'ailleurs peu élevé : 4^{mm},2 à Shanghaï et 5^{mm},7 à Nankin.

IV. *Chine du Nord; élément floristique eurosibérien.* — Le déficit hygro-

métrique, faible en hiver (1mm,1 à Pékin et Tien-tsin, en janvier), atteint son maximum annuel en *juin* : 8mm,6 à Tien-tsin, 9mm,8 à Pékin, 12mm,1 à Sinanfou, 12mm,5 à Tsinan. Le mois est chaud et sec, les pluies de mousson n'ont pas encore commencé. A cette époque l'augmentation du déficit hygrométrique est due principalement au vent du Sud-Ouest, le *sinan*. Véritable siroco de la Chine du Nord; il fait monter brusquement la température à 50° C.; le déficit hygrométrique peut atteindre en même temps 35 et 40mm. Dans l'après-midi du 7 juin 1879, à Changkiachwang (38°13′ lat. N; 116°14′ long. E; alt. 30m), dans la plaine du Hopeh, le sinan fit monter le thermomètre à 41° C. et, la tension de vapeur d'eau étant à 9mm,55 [3], le déficit hygrométrique atteignit 48mm,4, ce qui est un chiffre exceptionnel. Ces conditions de vie sont désastreuses pour la végétation; les fleurs et les feuilles qui viennent à peine de s'épanouir sont complètement desséchées et des arbustes sont tués en quelques heures. Seuls les arbres xéromorphes peuvent se maintenir.

Conclusion. — Plus que la tension de vapeur d'eau le déficit hygrométrique joue un rôle important dans la répartition des éléments floristiques et le développement des organes végétatifs. En Chine les variations de $F - f$ présentent une allure très différente dans les diverses régions phytogéographiques.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La cause microbiologique de la maladie des cidres dits* framboisés : *production d'éthanal par actions conjuguées de levures alcooliques et de bactéries acétiques*. Note de MM. **Gustave Guittonneau, Germain Mocquot** et **Jean Tavernier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Peu connue autrefois, la maladie des cidres doux dits *framboisés* constitue aujourd'hui la préoccupation principale des industriels qui se sont le plus attachés à moderniser leurs procédés de fabrication.

Elle se caractérise tout d'abord par l'apparition d'un goût et d'un arome fruités particuliers que les praticiens ont improprement désignés par le qualificatif de *framboisé*. On voit ensuite apparaître dans le liquide un

---

[3] D'après les Archives météorologiques de la mission de Shienshien.

trouble persistant d'aspect colloïdal qui en déprécie considérablement la valeur marchande.

Dans de précédentes études effectuées par l'un de nous en collaboration avec Warcollier (¹), on avait indiqué que les cidres *framboisés* renfermaient toujours de fortes proportions d'éthanal. Nous avons depuis lors reconnu qu'en ajoutant de 300 à 500^{mg} d'éthanal à des cidres doux stérilisés par filtration on leur communique tous les caractères des cidres *framboisés*, y compris la turbidité qui s'avère ainsi d'origine chimique.

Après l'observation précédente, il était devenu clair que tout l'intérêt de la question pathologique envisagée au début de nos études se concentrait sur la détermination d'une cause, celle de l'enrichissement des cidres en éthanal.

L'examen microscopique des cidres qui devenaient *framboisés* nous a révélé qu'ils renfermaient régulièrement des globules de levure, visiblements actifs, et des bactéries, que nous avons physiologiquement identifiées à des ferments acétiques. On pouvait dès lors se demander si, gênées par la fermentation alcoolique du milieu, les bactéries acétiques ne devenaient pas productrices d'éthanal, par oxydation limitée de l'éthanol, comme le faisait le *Mycoderma aceti* de Pasteur sous l'influence nocive d'un excès d'alcool éthylique ou *de petites quantités d'esprit de bois* (²).

Mais cette manière de voir ne pouvait être retenue qu'après un contrôle expérimental qui s'est révélé délicat. En effet, lorsque, dans un milieu stérilisé tel que le cidre doux ou toute autre solution nutritive sucrée et légèrement alcoolisée, on introduit une levure et une bactérie acétique isolées de cidres *framboisés* (L1 et A3 dans nos essais), on constate souvent que l'action de l'un ou de l'autre des deux microorganismes prend une telle prépondérance que tout se passe pratiquement comme si l'on se trouvait en présence d'une fermentation alcoolique pure ou d'une acétification normale. Pour que l'éthanal puisse s'accumuler dans le liquide à des doses que nous avons vues atteindre parfois 1^{g} par litre, il faut que les deux processus microbiens évoluent au ralenti et qu'il s'établisse entre eux un état d'équilibre que nous avons réussi à obtenir dans certains cas, mais en enregistrant par ailleurs beaucoup d'échecs.

Un artifice expérimental, inspiré d'observations relevées dans la

---

(¹) *Pommes et Cidre*, Nouvelle série, 8, 1939, p. 119.

(²) PASTEUR, *Ann. Scient. École Normale sup.*, 1, 1864, p. 113 à 158.

pratique, nous a permis d'abréger considérablement la durée de nos recherches. Il consistait 1° à provoquer une fermentation lente dans un cidre doux, bien déféqué et stérilisé par filtration, en l'ensemençant avec la levure L1 et en l'abandonnant à une incubation de 24 ou 48 heures à la température du laboratoire; 2° à préparer des voiles de la bactérie A3 en cultures pures sur vin, cidre ou moût de pommes et à les séparer aseptiquement du liquide acétifié; 3° à mettre directement en contact le cidre en fermentation avec les voiles de bactéries acétiques. Après cette mise en contact, des quantités importantes d'éthanal s'accumulaient dans le liquide en un temps souvent très court. Ainsi, dans l'un de nos essais, il s'en était formé 246^{mg} en 17 heures et, 24 heures plus tard, cette dose s'était élevée à 290^{mg}. Dans un autre essai on a noté les chiffres de 300^{mg} et de 475^{mg} pour des temps de 24 et 66 heures.

Au cours de nos recherches, nous avons encore noté que l'éthanal disparaît en quelques jours ou, au contraire, subsiste pendant plusieurs semaines suivant que les cultures sont maintenues au large contact ou à l'abri de l'air. Dans le premier cas il s'élimine par acétification et dans le second par un mécanisme chimique ou biochimique qui reste à préciser.

Conclusion. — Comme cause de la maladie des cidres dits *framboisés*, nous avons caractérisé un mode de production d'éthanal par voie d'association microbienne qui, à notre connaissance, n'avait pas encore été signalé.

De nos études on peut en outre dégager les deux notions suivantes dont l'intérêt pratique s'impose à l'attention des techniciens :

1° Les procédés modernes de préparation des cidres doux, dans lesquels on fait appel à l'action du froid, à la centrifugation et à la filtration, tendent à favoriser la maladie des cidres *framboisés*, tant par le ralentissement de la fermentation alcoolique que par la diffusion des bactéries acétiques apportées par un matériel imparfaitement désinfecté.

2° On conçoit qu'on aura le maximum de chances de paralyser l'action oxydante des bactéries acétiques et de faire disparaître ainsi les accidents qui en résultent si l'on s'attache à conduire autant que possible à l'abri de l'air la fermentation des cidres doux.

A 15^h20^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 15^h30^m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 9 octobre 1939.)

Note de M. *Pierre Despujols*, Sur les forces élastiques autour d'une galerie horizontale de section circulaire :

Page 550, ligne 10 en remontant, *au lieu de* xy/r^2, *lire* xy/r^4; ligne 6 en remontant, *au lieu de* $+\partial/\partial x$, *lire* $-\partial/\partial x$.

Page 551, ligne 2, 2e équation, 1er numérateur, *au lieu de* 2μ, *lire* $2\mu l^2$.

(Séance du 6 novembre 1939.)

Note de M. *Georges Giraud*, Petits mouvements relatifs périodiques d'un corps pesant tournant, constitué par un noyau solide immergé dans une masse liquide homogène :

Page 663, lignes 14 et 15 en remontant, *supprimer la phrase qui commence par* Les zéros de H sont des valeurs propres....

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 DÉCEMBRE 1939.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE BÉHAL.

RENOUVELLEMENT ANNUEL

DU BUREAU ET DES COMMISSIONS ADMINISTRATIVES.

M. **Hyacinthe Vincent** est élu Vice-Président pour l'année 1940 par l'unanimité des suffrages exprimés.

MM. **Louis Bouvier** et **Robert Bourgeois**, par la majorité absolue, sont réélus membres des Commissions administratives.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le Secrétaire perpétuel annonce à l'Académie que l'*Inventaire des Périodiques scientifiques des Bibliothèques de Paris*, dressé sous la direction de M. Alfred Lacroix, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, par M. Léon Bultingaire avec la collaboration des Bibliothécaires de Paris, Fascicule VI, Supplément II, est en distribution au Secrétariat.

M. le Secrétaire perpétuel dépose sur le bureau un *Extrait du tome XII* de la *Description géométrique détaillée des Alpes françaises* par Paul Helbronner, *Tables générales des quatorze éléments* (douze tomes et deux albums annexés).

BIOLOGIE. — *L'utilisation des écarts dans les problèmes d'homologie que pose le développement discontinu des organes homéotypes.* Note de M. **François Grandjean**.

Le problème principal de l'homologie peut s'énoncer de la manière suivante. Soit un premier organe qui existe aux deux stases successives S_1 et S_2. Je l'appelle A à S_1. A la stase S_2 un deuxième organe, du même type que le premier, apparaît à faible distance. On voit donc deux organes, B et C, au lieu d'un seul. Est-ce B, ou C, qui est l'homologue de A?

La méthode la plus sûre, pour trouver la solution, serait probablement de suivre les changements cytologiques et la construction des organes, pendant qu'ils ont lieu, entre les deux stases; mais cette méthode serait bien difficile à employer chez les très petits arthropodes, surtout quand la mue s'accompagne d'histolyse. Au contraire, la méthode statique, où l'on compare S_2 à S_1 sans faire intervenir sa genèse, est d'ordinaire très simple et commode. Elle a cependant un grand défaut. Chaque sorte de comparaison fournit, non pas un critérium, mais un argument qui est discutable, au moins jusqu'à ce que l'on soit fixé, par un usage assez long, sur le degré de sécurité qu'il donne. Il est donc nécessaire d'employer plusieurs sortes de comparaisons, aussi variées que possible. Le vrai critérium est l'accord des résultats obtenus.

La présente Note a pour objet d'ajouter aux comparaisons habituelles, où l'on utilise les emplacements, les tailles, les formes et les structures des organes, une nouvelle sorte de comparaison, celle des écarts que peuvent présenter A, B et C.

J'étudie depuis longtemps cette *méthode des écarts* et je l'ai appliquée à plusieurs espèces d'Acariens pour leurs petits organes superficiels comme les poils et les solénidions. Les écarts (1) sont des absences ou des présences de l'organe tout entier ou d'un de ses caractères évoluant par tout ou rien, le caractère acanthoïdique par exemple. Je suppose que l'organe et le caractère ont des probabilités d'existence qui ne diminuent jamais d'une stase à l'autre, dans le sens du développement. Ces conditions sont réalisées par presque tous les poils et solénidions, et par le caractère acanthoïdique.

Il faut encore, naturellement, savoir rapporter avec certitude un écart

(1) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 862.

quelconque à *A*, *B* ou *C*. Quand on a seulement, à S_2, un organe *A'* et non les deux organes *B* et *C*, pour savoir s'il s'agit d'une déficience de *B* ou de *C*, on compare les caractères de *A'* à ceux que possèdent *B* et *C* quand ils existent. La méthode des écarts exige donc l'emploi des comparaisons habituelles, non pour décider de l'homologie, mais pour décider de l'organe auquel se rapportent les écarts. Si ces comparaisons laissaient un doute, les écarts resteraient certains et intéressants, mais on ne pourrait les employer à résoudre le problème d'homologie.

On examine donc des exemplaires de l'animal, en nombre aussi élevé que possible, à S_1 et S_2. On note les écarts. Les N exemplaires de chaque stase en portent *n* au total pour chaque sorte d'écart et pour chaque organe *A*, *B* ou *C*. Afin de rendre ces nombres comparables on compte tout en déficiences, ou tout en présences, en remplaçant *n*, s'il y a lieu, par son nombre complémentaire ($2N - n$), 2 N étant le nombre des observations.

Soient D_A, D_B, D_C les nombres de déficiences pour *A*, *B*, *C*. *Si l'un des deux nombres* D_B *et* D_C *est notablement le plus grand des trois, il correspond au* 2ᵉ *organe ou organe neuf, celui qui n'est pas homologue de A.* La même conclusion s'applique aux présences, en renversant l'inégalité.

Bien entendu la réciproque n'est pas vraie. L'organe neuf peut n'avoir aucune déficience ou en avoir moins que le 1ᵉʳ. On admet seulement que le nombre de déficiences du 1ᵉʳ organe, de S_1 à S_2, n'augmente pas. Il ne faut donc pas dire que celui des deux organes *B* et *C* qui a le plus grand nombre de déficiences à S_2 est l'organe neuf. La comparaison doit porter aussi sur les déficiences de *A* à la stase S_1.

Le plus souvent, d'ailleurs, au moins dans les problèmes très simples que j'ai étudiés jusqu'ici, le 1ᵉʳ organe a une stase d'apparition probable antérieure à S_1, de sorte que ses déficiences, à S_1 et à S_2, sont rares ou même n'ont jamais lieu. Il suffit alors que l'un des organes *B* ou *C* ait des déficiences notables pour que la méthode des écarts s'applique. L'organe à déficiences est l'organe neuf.

A titre d'exemples je résume ici les résultats de la méthode des écarts appliquée à la chætotaxie pédieuse de *Parhypochthonius aphidinus* Berl., d'après 220 exemplaires de cet acarien (50 larves, 35 proto, 35 deuto, 50 tritonymphes, 50 adultes, tous femelles) provenant des environs de Bibbiena, près d'Arezzo (Italie). On peut diviser ces résultats en deux groupes.

Le premier groupe s'applique à des problèmes d'homologie dont les

solutions sont évidentes. La méthode des écarts confirme toujours ces solutions.

Aux tibias III et IV de l'adulte le poil paralatéral $l''(\pi ld)$ manquait 26 et 10 fois, respectivement, sur 100 observations, tandis que les autres poils de ces tibias n'avaient aucune déficience à l'adulte, ni à la tritonymphe; le poil l'' est le plus tardif, celui qui se forme à l'adulte.

Au fémur II de la tritonymphe le poil l' (πld) existait 31 fois sur 100. Il manquait donc 69 fois. Les deux poils les plus voisins, d et v' (πlv) n'avaient aucune déficience à cette stase, ni à aucune autre. Le poil l' est neuf à la tritonymphe. Sa stase d'apparition probable est l'adulte où sa probabilité d'existence devient supérieure à 0,5.

Au tarse III de la tritonymphe le poil primilatéral para $pl''(\pi pl)$ manquait 8 fois sur 100, tandis que les deux poils les plus voisins, $pv''(\pi pv)$ et $a''(\pi a)$, n'avaient aucune déficience à cette stase, ni à la deutonymphe. Le poil pl'' est le plus tardif, celui qui se forme à la tritonymphe.

Au tarse IV de la deutonymphe, sur 70 observations, les poils dorsaux avaient les nombres suivants de déficiences : 3 pour $ft'(\alpha ft)$, 0 pour $ft''(\pi ft)$, 3 pour $tc'(\alpha tc)$, 3 pour $tc''(\pi tc)$. Le dos du tarse IV de la protonymphe ne porte qu'un seul poil qui n'avait aucune déficience d'après 70 observations. Le poil unique de la protonymphe est donc ft'' et les trois autres se forment à la deutonymphe.

Ces vérifications sont très nombreuses. J'en cite seulement quelques-unes. Elles sont nécessaires parce qu'elles éprouvent la méthode, mais elles n'apprennent rien de nouveau sur l'homologie, en général. Dans certains cas, comme dans le dernier exemple cité, celui des poils dorsaux du tarse IV, elles ont cependant le mérite de rendre sûres des homologies dont on pouvait seulement affirmer, par la comparaison chætotaxique habituelle, qu'elles étaient probables.

Le deuxième groupe de résultats s'applique à des cas embarrassants comme celui de la région ventrale des tarses. Les homologies sont loin d'y être évidentes.

La larve possède toujours, à chaque tarse, derrière le poil subunguinal s, ou derrière le poil monotrope m'' au tarse I, une seule paire ventrale que j'appelle primiventrale (pv). L'adulte, derrière s, en a 3 paires au tarse I et 2 paires aux autres tarses. Il s'agit de savoir quelle est, de ces 3 ou 2 paires, la primiventrale.

Au tarse I on voit tout de suite que ce n'est pas l'antérieure parce que celle-ci contient sûrement m'' qui devient un acanthoïde à la tritonymphe.

C'est donc la médiane ou la postérieure. Ce groupe de deux paires n'existe pas avant l'adulte. A sa place, chez les trois nymphes comme chez la larve, on ne trouve qu'une seule paire, la primiventrale, sans aucune déficience. Chez l'adulte la paire postérieure n'a pas non plus de déficience. La médiane, au contraire, varie d'une manière notable et curieuse.

Sur 100 observations l'un des poils de la paire médiane manquait 3 fois et 3 autres fois l'un des poils était remplacé par un acanthoïde. En outre cette paire médiane pouvait être accompagnée d'une paire latéroventrale voisine, l'ensemble étant au complet (2 : 100), ou réduit à 3 poils (86 : 100), ou à 2 (11 : 100), ou à 1 (1 : 100). Ces fluctuations, auxquelles s'ajoutent les 3 écarts acanthoïdiques, contrastent avec l'immuabilité de la paire postérieure. Cette dernière, par conséquent, est la primiventrale.

Aux tarses II, III et IV les deux paires postérieures de l'adulte, derrière *s*, comprennent aussi une paire *pv* qui est d'origine larvaire (II et III) ou protonymphale (IV), l'autre paire ne s'étant formée qu'à l'adulte; mais la méthode des écarts nous apprend, à l'inverse, que la paire neuve est la postérieure. Sur 100 observations de chaque tarse, j'ai relevé la déficience d'un poil de cette paire une fois au tarse II, 3 fois au tarse III et 2 fois au tarse IV. Ces chiffres, bien que faibles, me paraissent très suffisants, car la paire qui est devant la postérieure n'a aucune déficience. De même, avant l'adulte, la paire unique, c'est-à-dire la primiventrale, n'a aucune déficience. La paire primiventrale de l'adulte est donc celle qui est devant la postérieure.

Ces homologies de *Parhypochthonius*, comparées à celles d'autres Acariens, sont importantes à plusieurs égards. Je reviendrai sur elles ultérieurement.

Dans ce qui précède j'ai supposé que le premier organe avait une probabilité croissante ou stationnaire. Si P_A, P_B, P_C sont les probabilités de A, B, C, il fallait alors, pour que la méthode s'appliquât, en appelant C l'organe neuf, que P_C fût plus petit que P_A. La même méthode conviendrait sans doute aussi bien si le premier organe était à décroissance numérique, avec P_C plus grand que P_A; mais ce cas, chez les Acariens, semble dépourvu d'intérêt. Les organes décroissants sont exceptionnels et spécialisés. Ils ne posent aucun problème d'homologie et je n'ai pas étudié leurs écarts.

En résumé la méthode des écarts paraît capable de résoudre certains problèmes difficiles d'homologie ou de confirmer les solutions des problèmes faciles. Elle n'est pas générale puisqu'elle suppose des écarts et que rien n'oblige un organe, même s'il est neuf, à en avoir. Mais j'ai constaté

que tel organe, qui n'a pas d'écarts dans une population d'une espèce, peut en posséder dans une autre population de la même espèce. Les probabilités sont des caractères sensibles. Ainsi, pour *Parhypochthonius*, les poils latéraux du tarse I n'avaient aucune déficience, à aucune stase, sur les exemplaires examinés de Bibbiena. La méthode des écarts ne pouvait rien nous apprendre au sujet de leur homologie. Elle réussira peut-être, au contraire, sur des exemplaires des environs de Périgueux où j'ai constaté une déficience de ces poils, à la tritonymphe.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *L'action hyperglycémiante des venins de serpents.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Radu Vladesco**.

Nous avons montré récemment ([1]) que le venin de Cobra ou serpent à lunettes (*Naja tripudians*), renferme une substance déterminant chez le Cobaye et chez le Lapin une augmentation très marquée de la teneur du sang en glucose. Cette hyperglycémie augmente d'une manière progressive jusqu'au moment de la mort, ainsi que nous l'avons mis en évidence dans le Mémoire, en cours de publication ([2]), d'où la Note ci-dessus a été extraite.

Nous nous sommes demandé si la substance hyperglycémiante contenue dans le venin de Cobra existe dans d'autres venins. En conséquence, nous avons examiné quatorze nouvelles espèces de venins, les uns provenant de Colubridés, groupe de serpents auquel appartient le Cobra, les autres de Vipéridés, tels que la Vipère aspic, le Crotale etc.

Nous avons expérimenté tous ces venins sur le Cobaye, plus spécifique, semble-t-il, que le Lapin à l'égard de la substance hyperglycémiante. Cet animal présente, d'autre part, l'avantage d'être moins coûteux et de nécessiter une quantité plus petite de venin. En outre, pour ne pas sacrifier trop d'animaux, nous n'avons pas essayé de déterminer d'abord la stricte équivalence des doses des divers venins pouvant amener la mort dans les mêmes délais; nous avons réduit cette phase préparatoire de la recherche au minimum, nous en tenant à injecter une seconde dose de venin

([1]) *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 585. Dans cette Note, page 587, 3e colonne du second tableau, *au lieu de* venin, *lire* sérum.

([2]) Dans les *Annales de l'Institut Pasteur*.

une heure environ après la première lorsque celle-ci ne provoquait pas assez vite les symptômes avant-coureurs d'une intoxication mortelle.

Nous avions observé, au cours de nos expériences antérieures, que l'hyperglycémie apparaît plus nettement lorsque l'envenimation est rapide et entraîne la mort en quelques heures au plus que lorsqu'elle permet une survie prolongée. Nous avons tenu compte de cette observation dans les expériences que nous rapportons aujourd'hui. C'est ainsi qu'avec certains venins, ceux de *Bungarus*, de *Naja flava*, de Vipère de Russell, de Vipère du Gabon et de Mocassin, dont les doses d'abord essayées ne laissaient pas apparaître d'augmentation de la teneur du sang en glucose, nous avons recommencé les expériences avec des doses plus fortes. Il s'agissait, en effet, de savoir si le venin examiné était dépourvu de toute action hyperglycémiante ou si, au contraire, celle-ci ne s'était pas manifestée parce que les conditions favorables à sa mise en évidence n'avaient pas été réalisées.

Ces remarques étant faites, voici la liste des espèces dont nous avons examiné le venin et le tableau récapitulatif des résultats ainsi obtenus :

Espèces examinées.

COLUBRIDÉS.

1. *Dendraspis angusticeps* (Mamba, de l'Afrique du Sud).
2. *Bungarus fasciatus* (Bungarus, Asie sud-orient.).
3. *Naja flava* (Cobra du Cap).
4. *Sepedon hæmachates* (Serpent cracheur ou Ringhal, Afrique du Sud).

VIPÉRIDÉS.

5. *Vipera aspis* (Vipère aspic) *a*, race ordinaire à venin jaune.
5*bis*. » » *b*, race à venin blanc [3].
6. *Vipera libetina* (Vipère des pays méditerranéens).
7. *Vipera russelli* (Vipère élégante ou Daboia, des Indes).
8. *Bitis gabonensis* (Vipère du Gabon).
9. *Bitis arietans* (Vipère heurtante ou Puffer Adder, Afrique du Sud).
10. *Cerastes cornutus* (Vipère cornue, Afrique du Nord).
11. *Ancistrodon piscivorus* (Mocassin ou Copperhead, Amérique du Nord).
12. *Lachesis gramineus* (Lachesis).
13. *Crotalus adamanteus* (Crotale ou Serpent à sonnettes, Amérique du Nord).
14. *Crotalus atrox* (Crotale ou Serpent à sonnettes, Amérique du Nord).

---

(3) Étudié d'abord par E. CESARI, J. BAUCHE et P. BOQUET (*Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 683) que nous remercions de nous avoir fourni, avec plusieurs autres, un échantillon de ce curieux venin.

Résultats obtenus.

Venins.	Poids du cobaye (en g).	Venin sec injecté (en mg).	Temps écoulé (en heures) au moment		Glucose par litre de sang		Glycémie (%).
			de la nouvelle prise de sang.	de la mort.	avant l'injection (en g).	après l'injection (en g).	
1. Dend. ang....	586	2,35	1	1,01	0,655	1,801	+175
2. Bung. fasc....	620	4,7	2,45	3,10	0,744	0,744	0
	555	10,3	1,10	1,20	0,664	0,830	+25
3. Naja fl.......	540	3,7	1,10	1,20	0,660	0,660	0
	620	13,0	0,40	0,40	0,680	1,360	+100
4. Seped. hæ....	610	2,25	1,30		0,920	1,254	+36
	»	»	1,47	1,47		1,420	+54
5. Vip. asp. (*a*).	556	3,4	2,15	4	0,826	1,158	+40
5bis » (*b*).	535	3,45	2,05	2,10	0,666	1,164	+75
6. Vip. lib......	586	9,5	1,45	>4	0,697	1,926	+33
7. Vip. russ.....	670	6,3	2	8,45	1,176	1,096	−7
	740	11,0	1,45	∞	1,792	1,680	−6
	500	14,0	2	2	0,938	1,792	+91
	432	13,0	1,55	2,05	0,710	1,212	+71
8. Bit. gab......	520	10,0	1,50	>4,15	1,546	1,466	−5
	460	15,0	2,45	2,55	0,916	2,382	+160
9. Bit. ar.......	805	4,5	2	9	0,732	1,303	+78
10. Cer. corn....	570	4,8	2,30	>4,30	0,676	0,950	+188
11. Anc. pisc....	611	6,2	2,55	∞	0,900	0,859	−4,5
	575	17,0	1,40	>9	0,831	1,682	+102
12. Lach. gr.....	585	7,6	2,15	∞	0,750	1,125	+50
	400	10,0	0,40	0,45	0,622	1,064	+71
13. Crot. ad......	365	3,7	2,30	4	0,976	1,466	+50
14. Crot. at......	705	6,25	1,22		0,737	1,064	+44
	»	»	2,17	>6,30	»	1,146	+55

Ces résultats apportent la preuve de l'existence d'une substance hyperglycémiante dans tous les venins examinés.

Ils laissent présumer, d'autre part, que la proportion de cette substance n'est pas la même dans les divers venins. Ainsi, non seulement la substance en question ne saurait être confondue avec l'échidnase (¹), présente exclusi-

(¹) C. Phisalix et G. Bertrand, *Comptes rendus*, 118, 1894, p. 288 et 356, et *Arch. de Physiol.*, 5e série, 6, 1894, p. 567 et 7, 1895, p. 260.

vement dans les venins de Vipéridés, ni avec l'échidnovaccin, puisque celui-ci n'existe pas dans le venin blanc de *Vipera aspis* (5), mais elle serait probablement distincte aussi des autres substances toxiques.

CORRESPONDANCE.

Mlle **Germaine Cousin** adresse un Rapport relatif à l'emploi qu'elle a fait de la subvention qui lui a été accordée sur le *Fonds Villemot* en 1938.

M. **René Dubrisay** adresse un Rapport relatif à l'emploi qu'il a fait de la subvention qui lui a été accordée sur le *Fonds Loutreuil* en 1938.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Une inégalité isopérimétrique sur les surfaces ouvertes à courbure positive.* Note de M. **Félix Fiala**, présentée par M. Élie Cartan.

1. En désignant par L la longueur d'une courbe simplement fermée dans le plan et par F l'aire comprise à l'intérieur, on peut écrire l'inégalité isopérimétrique bien connue

$$L^2 \geqq 2F.2\pi. \tag{1}$$

Notre travail consiste à rechercher une relation analogue sur d'autres surfaces, sur lesquelles nous ferons les hypothèses suivantes :

1° Ce sont des espaces de Riemann à deux dimensions, normaux au sens de M. É. Cartan (1).

2° Elles sont homéomorphes au plan.

3° Leur courbure totale n'est jamais négative.

On ne suppose pas les surfaces plongées dans l'espace ordinaire.

Les propriétés globales de ces surfaces, en particulier l'allure des lignes

(5) D'après Mme Marie Phisalix, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1252.

(1) *Leçons sur la géométrie des espaces de Riemann*, Paris, 1928, p. 64 et 65. Voir aussi le travail de MM. H. Hopf et W. Rinow, *Comm. math. Helv.*, 3, 1931, p. 209-225.

géodésiques, ont été étudiées dans deux travaux de Cohn-Vossen [2], auxquels j'emprunte plusieurs résultats importants.

Je publierai prochainement les démonstrations des théorèmes dont je ne puis donner ici que les énoncés.

2. Sur une surface de la classe indiquée, nous considérons une ligne simplement fermée; L et F ont la même signification que dans (1), $\oint \frac{ds}{\rho_g}$ représente l'intégrale de la courbure géodésique de la courbe. La formule fondamentale de ce travail s'énonce alors

$$L^2 \geqq 2F \oint \frac{ds}{\rho_g}. \tag{2}$$

La formule de Gauss-Bonnet nous permet d'exprimer $\oint \frac{ds}{\rho_g}$ à l'aide de l'intégrale de la courbure totale K sur le domaine compris à l'intérieur de la courbe. En tenant compte du signe de K et en désignant par C l'intégrale de K étendue à toute la surface, on a

$$L^2 \geqq 2F(2\pi - C). \tag{2'}$$

L'égalité n'a lieu que si la surface considérée est un plan et la courbe un cercle; on a en effet dans ce cas $C = 0$. On notera aussi que le membre de droite est toujours positif ou nul, car, comme l'a démontré Cohn-Vossen, $C \leqq 2\pi$.

3. Posons-nous la question suivante : Étant donné un nombre L, l'aire des domaines limités par une courbe de longueur L possède-t-elle une borne supérieure?

Théorème I. — *Si* $C < 2\pi$, *cette borne existe pour tout* L; *si* $C = 2\pi$, *cette borne existe si* $L < L^*$, *où* L^* *est une constante positive qui dépend de la surface considérée.*

La première partie, applicable par exemple à la surface que forme une des nappes de l'hyperboloïde à deux nappes, est une conséquence immédiate de la formule (2'); la seconde partie nécessite une démonstration un peu plus compliquée et concerne par exemple le cas de la surface de révolution dont le méridien a pour équation $z = (\cos x)^{-2}$, $-\pi/2 < x < \pi/2$, ($L^* = 2\pi^2$) ou celui du paraboloïde elliptique ($L^* = \infty$).

---

[2] *Compositio Mathematica*, **2**, 1935, p. 69-133, et *Recueil mathématique de Moscou*, **1** (43), 1936, p. 139-163.

4. La notion de *vrai cercle* joue un rôle important dans ce travail. Je définis le vrai cercle de centre O et de rayon r comme le lieu des points dont la plus courte distance de O, au sens de la métrique de Riemann, est égale à r. C'est une courbe simplement fermée pour des valeurs de r suffisamment petites et suffisamment grandes.

O étant fixe, désignons par $L(r)$ la longueur du vrai cercle de rayon r et par $F(r)$ sa surface. Il est possible de calculer deux limites qui fournissent une indication sur le comportement asymptotique des vrais cercles :

$$\lim_{r\to\infty} \frac{L(r)}{r} = 2\pi - C, \tag{3}$$

$$\lim_{r\to\infty} \frac{L^2(r)}{F(r)} = 2(2\pi - C). \tag{4}$$

5. Si nous considérons l'ensemble de toutes les courbes simplement fermées sur la surface, une conséquence immédiate des formules (2') et (4) est le

THÉORÈME II. — *La limite inférieure des quotients* L^2/F *est égale à* $2(2\pi - C)$.

Cette limite n'est jamais atteinte, sauf dans le cas du plan.

6. La méthode que j'emploie pour démontrer la formule (2) conduit aussi à un résultat, presque trivial pour les surfaces plongées dans l'espace ordinaire, mais beaucoup moins immédiat pour des surfaces abstraites.

THÉORÈME III. — *L'aire d'une surface de la classe considérée est infinie.*

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Déformation d'une surface avec un réseau conjugué permanent dans l'espace elliptique*. Note de M. **Marcel Vasseur**, présentée par M. Élie Cartan.

1. La déformation d'une surface de l'espace euclidien avec conservation d'un réseau conjugué a été étudiée par de nombreux géomètres.

Nous nous sommes proposé de faire la même étude dans l'espace elliptique à trois dimensions. Nous obtenons des résultats analogues à ceux que l'on obtient dans l'espace ordinaire.

2. Nous rapportons l'espace à un système de coordonnées de Weierstrass (x_0, x_1, x_2, x_3). Soit S une surface rapportée à un réseau conjugué (u, v)

$$ds^2 = E\,du^2 + 2F\,du\,dv + G\,dv^2$$

son élément linéaire. Les coordonnées d'un point vérifient l'équation de Laplace

$$(1)\qquad \frac{\partial^2 x}{\partial u\,\partial v} - \begin{Bmatrix} 1 & 2 \\ & 1 \end{Bmatrix} \frac{\partial x}{\partial u} - \begin{Bmatrix} 1 & 2 \\ & 2 \end{Bmatrix} \frac{\partial x}{\partial v} - \frac{F}{R^2} x = 0.$$

Les équations

$$(2)\qquad \sum_0^3 x_i \xi_i = 0, \qquad \sum_0^3 \frac{\partial x_i}{\partial u} \xi_i = 0, \qquad \sum_0^3 \frac{\partial x_i}{\partial v} \xi_i = 0, \qquad \sum_0^3 \xi_i^2 = 1$$

définissent les coordonnées tangentielles (ξ_0, ξ_1, ξ_2, ξ_3) ou, si l'on préfère, les coordonnées ponctuelles de la polaire réciproque de S par rapport à l'absolu. Ces coordonnées satisfont à une équation de Laplace

$$(3)\qquad \frac{\partial^2 \xi}{\partial u\,\partial v} + A \frac{\partial \xi}{\partial u} + B \frac{\partial \xi}{\partial v} + C\xi = 0.$$

Les coefficients de la seconde forme fondamentale $\delta du^2 + \delta'' dv^2$ sont solutions du système de Gauss-Codazzi

$$(4)\qquad \frac{\partial \log \delta}{\partial v} = \begin{Bmatrix} 1 & 2 \\ & 1 \end{Bmatrix} - \begin{Bmatrix} 1 & 1 \\ & 2 \end{Bmatrix} \frac{\delta''}{\delta}, \qquad \frac{\partial \log \delta''}{du} = \begin{Bmatrix} 1 & 1 \\ & 2 \end{Bmatrix} - \begin{Bmatrix} 2 & 2 \\ & 1 \end{Bmatrix} \frac{\delta}{\delta''},$$

$$\delta\delta'' = \left(K - \frac{1}{R^2}\right)(EG - F^2) \qquad (K = \text{courbure totale de S}).$$

3. Cherchons à quelle condition ce système admet une infinité d'autres solutions.

On voit aisément que l'inconnue λ dont dépendent ces solutions doit satisfaire au système

$$(5)\qquad \frac{\partial \log \lambda}{\partial v} = (1 - \lambda^2) \begin{Bmatrix} 1 & 1 \\ & 2 \end{Bmatrix} \frac{\delta''}{\delta}, \qquad \frac{\partial \log \lambda}{\partial u} = \left(1 - \frac{1}{\lambda^2}\right) \begin{Bmatrix} 2 & 2 \\ & 1 \end{Bmatrix} \frac{\delta}{\delta''},$$

dont les conditions d'intégrabilité complète sont

$$(6)\qquad \frac{\partial}{\partial u}\left[\begin{Bmatrix} 1 & 1 \\ & 2 \end{Bmatrix} \frac{\delta''}{\delta}\right] = \frac{\partial}{\partial v}\left[\begin{Bmatrix} 2 & 2 \\ & 1 \end{Bmatrix} \frac{\delta}{\delta''}\right] = -2 \begin{Bmatrix} 1 & 1 \\ & 2 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} 2 & 2 \\ & 1 \end{Bmatrix}.$$

En tenant compte des égalités aisées à obtenir

$$\begin{Bmatrix} 1 & 1 \\ & 2 \end{Bmatrix} \frac{\delta''}{\delta} = -A, \qquad \begin{Bmatrix} 2 & 2 \\ & 1 \end{Bmatrix} \frac{\delta}{\delta''} = -B,$$

notre système devient

$$(7)\qquad \frac{\partial A}{\partial u} = \frac{\partial B}{\partial v} = 2AB.$$

Ce sont les mêmes équations que celles données par Cosserat pour l'espace ordinaire.

4. Les équations (5) donnent

$$\frac{\partial^2 \log\lambda}{\partial u\, \partial v} = 0, \qquad \text{d'où} \qquad \lambda = \frac{V}{U},$$

où U et V sont respectivement des fonctions de u ou v seul. Il résulte pour A et B les expressions (en posant $U_1 = U^2$, $V_1 = -V^2$)

$$A = \frac{VV'}{U^2 - V^2} = \frac{1}{2}\,\frac{V'_1}{U_1 + V_1}, \qquad B = \frac{-UU'}{U^2 - V^2} = \frac{1}{2}\,\frac{U'_1}{U_1 + V_1}.$$

La première équation (7) exprime que (3) a ses invariants égaux; la transformation $\theta = \xi\sqrt{U_1 + V_1}$ la ramène à la forme de Moutard. Les quatre solutions ξ_0, ξ_1, ξ_2, ξ_3 se transforment en θ_0, θ_1, θ_2, θ_3 telles que

$$\theta_0^2 + \theta_1^2 + \theta_2^2 + \theta_3^2 = U_1 + V_1,$$

les quatre solutions de notre équation de Moutard forment donc un *groupe quadratique*, suivant la terminologie introduite par Guichard.

Réciproquement, *à tout ensemble de quatre solutions quadratiques d'une équation de Moutard correspond une surface* S *déformable sur le réseau conjugué* (u, v) *comme base*. Cette surface est l'enveloppe du plan

$$\theta_0 x_0 + \theta_1 x_1 + \theta_2 x_2 + \theta_3 x_3 = 0.$$

On voit la différence avec l'espace ordinaire : ce sont les groupes de *quatre*, et non plus de *trois*, intégrales quadratiques qui interviennent; un tel groupe détermine une surface S; rien de semblable au parallélisme de Peterson n'intervient. Nous trouvons encore *trois types de surface suivant que* 0, 1 *ou* 2 *des fonctions* U *et* V *se réduisent à une constante*.

C'est la surface Σ qui joue ici le rôle d'image sphérique; aucune condition de courbure ne lui est imposée; par contre le réseau (u, v) doit y être conjugué.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Totalisation des séries.*

Note de M. **Arnaud Denjoy**, présentée par M. Émile Borel.

Sur l'intervalle $\sigma(0 < \theta < 1)$ de l'axe des nombres θ, soit e un ensemble dénombrable de points $\theta_n (n \geq 1)$, défini simplement à une transformation non décroissante près de σ en lui-même. Au point θ_n supposons placé un

nombre u_n. *Totaliser la série* $\Sigma T u_n$, c'est faire l'addition des u_n en relation avec leur ordre mutuel, supposé linéaire et identique à celui des points θ_n.

Si θ_n croît avec n et tend vers 1, l'ordre des u_n est celui de leurs indices. La totale des u_n est la somme au sens ordinaire du mot de la série Σu_n. Dans le cas général, nous dirons que la série $\Sigma T u_n$, dont les termes sont ordonnés comme les θ_n, est *simplement totalisable* et que sa totale vaut s, s'il existe une fonction $f(\theta)$ définie en tout point de $\sigma - e$ (donc aux points θ de σ distincts des θ_n) et possédant les propriétés suivantes :

1° En chaque point de $\sigma - e$, $f(\theta)$ est continue; $f(\theta + 0)$, $f(\theta - 0)$ désignant en un point θ les valeurs limites uniques de $f(\theta)$ du côté droit et du côté gauche de θ, $f(+0)$ existe et vaut zéro; $f(1-0)$ existe et vaut s.

2° En chaque point θ_n, $f(\theta_n - 0)$ et $f(\theta_n + 0)$ existent et

$$f(\theta_n + 0) - f(\theta_n - 0) = u_n.$$

3° Tout ensemble parfait P (continu ou discontinu) contient une portion P′ sur laquelle la variation totale de $f(\theta)$ est définie et égale à la somme des discontinuités absolues $|f(\theta_n + 0) - f(\theta_n - 0)|$ aux divers points θ_n situés sur P′.

Pour analyser les conséquences de cette dernière condition, définissons les diverses sortes de variations d'une fonction $f(\theta)$ non nécessairement continue, mais possédant en chaque point des valeurs $f(\theta + 0)$, $f(\theta - 0)$ définies. Soit λ un élément linéaire, d'extrémités a, b $(a < b)$, savoir un intervalle $(a < \theta < b)$, un segment $(a \leqq \theta \leqq b)$ dont un cas particulier est le point $(a = b)$, un semi-segment $(a \leqq \theta < b)$ ou $(a < \theta \leqq b)$. La *variation simple* $V(f, \lambda)$ *de* f *sur* λ dans ces divers cas respectifs est $f(b-0) - f(a+0)$, $f(b+0) - f(a-0)$, $[f(a+0) - f(a-0)$ si $a = b]$, $f(b-0) - f(a-0)$ et $f(b+0) - f(a+0)$. Si λ est décomposé en un nombre fini d'éléments λ' deux à deux disjoints, $V(f, \lambda) = \Sigma V(f, \lambda')$. La *variation absolue de* f *sur* λ est $VA(f, \lambda) = |V(f, \lambda)|$. La *variation totale de* f *sur* λ est la borne supérieure et en même temps la limite de $\Sigma VA(f, \lambda')$ pour toutes les décompositions possibles de λ, la plus grande longueur des λ' tendant vers 0.

Soit Q un ensemble obtenu en retranchant d'un élément linéaire λ une infinité d'éléments λ_p deux à deux situés à distance positive les uns des autres. Si la série $\Sigma VA(f, \lambda_p)$ est convergente, nous disons que la *variation* (simple) *de* f *sur* Q est *définie* et vaut $V(f, Q) = V(f, \lambda) - \Sigma V(f, \lambda_p)$. La *variation totale* $VT(f, Q)$ est la borne supérieure et la limite des sommes $\Sigma |V(f, Q_p)|$ pour toutes les décompositions possibles de Q en

parties Q_p portées par des éléments linéaires disjoints. Le cas de Q parfait correspond à celui où λ est un segment, les λ_p des intervalles.

La troisième condition de totalisation exige que tout ensemble parfait P contienne une portion P′ où 1° la série des u_n relatifs aux θ_n situés sur P′ est absolument convergente; 2° (si P′ est discontinu) la série des variations absolues de f sur les intervalles (ou les segments) contigus à P′ est convergente; 3° la variation de f sur ce qui reste de P′ après suppression des points θ_n situés sur P′ est nulle.

Si donc P′ ne peut pas être identique à P, il existe sur P un ensemble fermé non dense K(P) tel que toute portion P′ de P située dans un intervalle contigu à K(P) possède les trois propriétés précédentes (la seconde étant sans objet si P est $\overline{\sigma}$, segment $0 \leqq \theta \leqq 1$). Connaissant

$$(a_p \Sigma \mathrm{T}\, b_p)\, u_n = f(b_p - 0) - f(a_p + 0)$$

pour chaque intervalle $a_p b_p$ contigu à P, nous aurons entre deux points quelconques θ, θ' de $\sigma - e$ situés sur P′, par l'addition de termes formant des séries absolument convergentes, et dont l'ordre d'énumération est par suite indifférent, $(\theta \Sigma \mathrm{T} \theta') u_n = f(\theta') - f(\theta)$. Ce dernier nombre sera donc connu sur toute la partie de $\sigma - e$ incluse dans un contigu quelconque à K(P).

Par des passages à la limite fondés sur les deux premiers caractères de $f(\theta)$, nous déterminerons la variation de f entre deux points quelconques de $\sigma - e$ situés dans un même intervalle contigu au noyau parfait de K(P), soit $\Pi(\mathrm{K})$.

La succession $\mathrm{K}_1 = \mathrm{K}(\overline{\sigma})$, $\mathrm{P}_1 = \Pi(\mathrm{K}_1)$, $\mathrm{K}_2 = \mathrm{K}(\mathrm{P}_1)$, ..., analogue à celle que la totalisation des fonctions utilise, conduit par une infinité dénombrable d'opérations des types indiqués au nombre $s = (0\ \Sigma \mathrm{T} 1)\, u_n$.

Soit ε_n une série convergente à termes positifs de somme 1. Si θ est dans $\sigma - e$, soit $\xi = \theta + (0 \Sigma \theta) \varepsilon_n$. Les points ξ forment les points de seconde espèce d'un ensemble parfait R d'extrémités 0, 2 dont le contigu i_n est $\xi_n \xi'_n$, égal à ε_n, avec $\xi_n = \theta_n + (0 \Sigma \theta_n) \varepsilon_p$. A θ_n faisons correspondre la totalité du segment $\overline{i}_n$. Quand θ décrit $\overline{\sigma}$, ξ décrit le segment $\sigma'(0, 2)$. Posons $g(\xi) = f(\theta)$ si θ est sur $\sigma - e$, donc ξ de seconde espèce sur R; et $g(\xi_n) = f(\theta_n - 0)$, $g(\xi'_n) = f(\theta_n + 0)$; soit $g(\xi)$ linéaire sur le segment $\overline{i}_n$; $g(\xi)$ est continue. Soit S un ensemble parfait situé sur σ'. Si S est mince et a des points dans l'intervalle i_n, $\mathrm{VT}(g,\ \mathrm{S}.\overline{i}_n)$ est définie et nulle. Si S est dans R et correspond à P sur $\overline{\sigma}$, il y a une portion S′ de S où la variation de g est définie, et

égale à la variation de f sur P' diminué des points θ_n situés sur lui. Cette variation de g est donc constamment nulle sur S'. Ces propriétés caractérisent une fonction $g(\xi)$ résoluble sur σ' et ayant une dérivée générale ou approximative $\varphi(\xi)$ égale à u_n/ε_n sur i et à o sur une pleine épaisseur de R; $g(\xi)$ est la totale de cette fonction $\varphi(\xi)$ entre o et ξ. La totalisation des séries est donc équivalente à un cas particulièrement simple de la totalisation des fonctions. Il est possible de montrer la propriété réciproque.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la théorie moderne du potentiel.* Note de M. **Marcel Brelot.**

1. On se placera, sauf au n° 5, dans l'espace euclidien à $n \geq 2$ dim., mais, pour le langage, dans le plan, les extensions étant immédiates. On se limitera au potentiel logarithmique ou newtonien. On appellera *capacité intérieure*, $\underline{\mathcal{C}}_E$, d'un ensemble borné quelconque E, la *capacité de Frostman*, qui vaut d'ailleurs la borne supérieure des diamètres transfinis des sous-ensembles fermés. La *capacité extérieure* de E, soit $\overline{\mathcal{C}}_E$, sera la borne inférieure des capacités intérieures des ensembles ouverts contenant E. Si $\underline{\mathcal{C}}_E = \overline{\mathcal{C}}_E$, on dira simplement capacité $\mathcal{C}_E$ (exemples de E ouvert ou fermé).

2. *Définition* I. — Un ensemble quelconque E sera dit *effilé au point* O (appartenant ou non à E) si $E \cap CO$ [1] est vide ou à distance $>$ o de O ou s'il existe au voisinage de O une fonction sous-harmonique u dont la valeur en O est supérieure à la p.g.l. en O de u sur $E \cap CO$ [2].

Critère. — Si $\overline{\mathcal{C}}(r)$ est la capacité extérieure de l'intersection de E et du cercle $\gamma_r(OM < r)$, il faut et suffit que $\int_0^\varepsilon \frac{dr}{r \log[1/\overline{\mathcal{C}}(r)]}$ soit fini.

Théorème. — *Si* E *est effilé en* O, *il existe* Ω *ouvert effilé en* O, *tel que* $\Omega + O \supset E$.

Théorème. — *Pour que le point-frontière* O *d'un ensemble ouvert* Ω *soit irrégulier (au sens du problème de Dirichlet), il faut et suffit que* $C\Omega$ *soit effilé en* O.

---

(1) Intersection de E avec le complémentaire CO du point O.

(2) Si l'on astreint u à être continue hors O, on obtient une condition qui équivaut à dire que la fermeture de E est un ensemble effilé en O.

Pour que le point-frontière O *d'un ensemble fermé* F *soit instable pour* F, *il faut et il suffit que* CF *soit effilé en* O.

3. *Définition* II. — E sera dit *effilé intérieurement* en O si tout sous-ensemble fermé de E + O est effilé en O ([3]).

Critère. — Si $\mathcal{C}(r)$ est la capacité intérieure de $E \cap \gamma_r$, il faut et il suffit que $\int_0^\varepsilon \frac{dr}{r \log[1/\mathcal{C}(r)]}$ soit fini.

Si E, E + O ou $E \cap CO$ est ouvert ou fermé, les deux définitions coïncident.

4. Soit $\mathcal{T}$ une transformation continue appliquant E_0 borné fermé sur son image $\overset{\star}{E}_0$ bornée fermée. A une distribution δ de masses > 0 (fonction additive d'ensemble borélien) sur E_0, correspond une image $\overset{\star}{\delta}$ sur $\overset{\star}{E}_0$ par la condition $\overset{\star}{\delta}(e) = \delta(e')$, e' étant l'image réciproque de e, borélienne comme e.

a. *Si* $\mathcal{T}$ *majore les distances*, elle minore l'intégrale d'énergie de δ et le potentiel quand on passe de celui de δ en P à celui de $\overset{\star}{\delta}$ en son image $\overset{\star}{P}$; elle majore la capacité intérieure $[\mathcal{C}(\alpha) \leqq \mathcal{C}(\overset{\star}{\alpha})]$, donc transforme α non effilé intérieurement en O en $\overset{\star}{\alpha}$ non effilé intérieurement en $\overset{\star}{O}$.

b. *Si* $\mathcal{T}$ *minore les distances*, elle majore l'intégrale d'énergie et potentiel, et minore la capacité des ensembles fermés. Si, de plus, elle transforme tout α ouvert, en $\overset{\star}{\alpha}$ ouvert sur $\overset{\star}{E}_0$, la capacité extérieure de β complètement intérieur à E_0 majore la capacité intérieure de $\overset{\star}{\beta}$; et par suite $\mathcal{T}$ fait passer de β effilé en O (point intérieur à E_0) à $\overset{\star}{\beta}$ effilé intérieurement en $\overset{\star}{O}$.

5. *Cas particuliers*. — Dans le plan, rabattement circulaire autour de O sur la demi-droite Ox, ce qui minore les distances.

Si E est effilé en O, son rabattement sur Ox est effilé intérieurement en O et ne contient donc aucun segment $(0 < x < a)$. D'où l'existence de cercles arbitrairement petits de centre O tracés sur CE, avec des précisions sur leur distribution.

Cela est spécialement intéressant si E est fermé ou ouvert : dans le premier cas, on retrouve ainsi une propriété de Beurling précisant celle classique de Lebesgue (existence pour un domaine ω de point-frontière O

([3]) Cela équivaut à dire que O est *irrégulier pour* E + O au sens de M. de La Vallée Poussin (*Bull. Ac. royale des Sciences de Belgique*, 24, 1938, p. 377).

irrégulier, de courbes de Jordan arbitrairement petites tracées sur ω et entourant O) : le second cas m'a permis d'étendre à des fonctions sous-harmoniques quelconques un théorème donné récemment (³) pour des fonctions sous-harmoniques continues, sur leur allure en un point-frontière irrégulier.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur une méthode de purification des huiles de graissage.* Note (¹) de M. **Douchan Avsec**, présentée par M. Henri Villat.

Lors de mes dernières recherches sur les tourbillons électroconvectifs dans une nappe d'huile de graissage (Shell B. 14), j'ai observé un effet purificateur de l'électrode pointue placée au-dessus de la nappe d'huile.

I. Sur une plaque de verre placée au-dessous d'une électrode pointue, on verse de l'huile de graissage riche en matières en suspension, par exemple de l'huile Shell B. 14 (très visqueuse et presque noire). La couche d'huile s'élargit librement et atteint finalement une forme circulaire d'un diamètre bien déterminé (dans mon expérience, l'épaisseur et le diamètre finals étaient respectivement $0^{mm},285$ et 96^{mm}). En appliquant à l'électrode pointue une tension de l'ordre de 50000 volts, on observe l'apparition et la disparition des tourbillons électroconvectifs *instantanés*, décrits dans ma Note antérieure (²). Au moment où les tourbillons instantanés se produisent, on observe une augmentation assez continue du diamètre de la couche d'huile et par conséquent une diminution de l'épaisseur de cette couche; cette déformation est due d'abord à la pression exercée par le vent électrique, émanant de la pointe; ensuite à l'action des tensions électriques de Maxwell (³). En même temps, la région centrale de la nappe se purifie et devient transparente. Les particules en suspension étant chassées du centre vers la périphérie de la nappe, il faut en conclure

(³) *Bull. de la Soc. royale des Sc. de Liége.* (Note présentée le 19 oct. 1939). Ce théorème B — B′ généralise (en la retrouvant) une proposition de Kunugui sur l'allure à la frontière des modules de fonctions holomorphes.

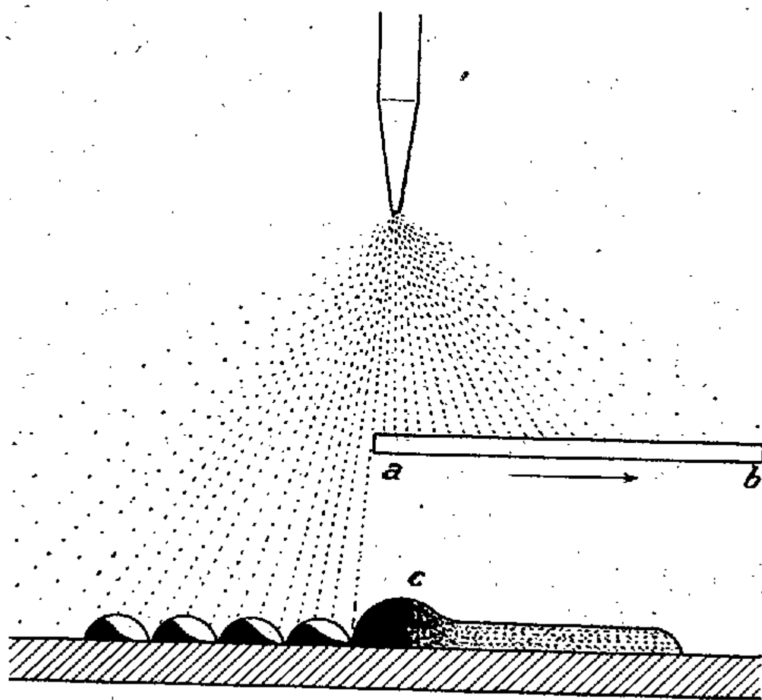
(¹) Séance du 20 novembre 1939.

(²) *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 750.

(³) Je rappelle que ces tensions ont été étudiées par L. Bouchet dans ses expériences sur les tensions électriques agissant à la surface d'une nappe isolante liquide comprise entre les armatures d'un condensateur plan (*Comptes rendus*, 160, 1915, p. 554).

qu'elles sont électriquement chargées. La tension électrique une fois supprimée, les particules se diffusent à nouveau dans la couche qui redevient uniformément foncée au bout d'un temps, qui dans notre expérience était de l'ordre de 30 minutes.

II. Dans une deuxième expérience, j'ai remplacé la plaque de verre par une plaque métallique, en laissant toutes les autres conditions inchangées. Cette plaque étant mise à la terre, les tourbillons cellulaires habituels sont apparus immédiatement dès que la pointe métallique a été sous la haute tension. Il a été déjà signalé ailleurs ([4]) que ces tourbillons disparaissent quand on interpose entre l'électrode pointue et la surface du liquide un objet quelconque. J'ai constaté depuis que, à condition que l'objet interposé soit en matière isolante, la région sans tourbillons prend la forme exacte de l'ombre géométrique de cet objet, projetée par une source de lumière ponctuelle occupant la place de la pointe métallique. Il y a donc une véritable *ombre électroconvective* ([5]). Avec une plaque de verre rectangulaire *ab* suffisamment large (voir la figure), on peut supprimer les tourbillons électro-



convectifs sur toute l'étendue de la nappe d'huile; il suffit de déplacer la plaque dans le plan horizontal pour que les tourbillons se reforment aux endroits sortis de *l'ombre*. Le passage de la région en mouvement tour-

([4]) D. Avsec et M. Luntz, *La Météorologie*, n° 3, mai-juin 1937, p. 180-194.

([5]) Je rappelle ici les expériences de A. Righi sur les ombres électriques, rendues visibles par le mélange de soufre et de minium saupoudré sur une lame isolante (*Journ. de Phys.*, 2e série, 2, 1883, p. 17-25 et 76-87).

billonnaire à la région demeurant à l'abri de l'écran interposé est marqué d'une crête d'huile *c*, qui suit fidèlement le mouvement de la plaque *ab*. Cette crête d'huile devient de plus en plus noire, au fur et à mesure qu'elle s'approche d'un bord de la nappe, tandis que l'huile constituant la nappe découverte devient de plus en plus claire. En répétant suffisamment la même manœuvre, il est possible d'atteindre un degré très élevé pour la pureté de l'huile. Comme il est facile de séparer l'huile épaisse et noire, accumulée d'un seul côté, de l'huile purifiée, j'ai constaté, en utilisant cette dernière, que, dans les expériences avec une cuve isolante, le tourbillonnement instantané est bien moins violent qu'avec l'huile brute. Cela est la preuve directe que les matières en suspension sont un agent important pour la production des tourbillons électroconvectifs.

III. Ce même phénomène de purification s'observe dans chacun des tourbillons cellulaires constituant le phénomène électroconvectif. Chaque cellule polygonale paraît être en effet constituée de deux parties : celle plus proche du centre de la couche (ou encore de l'électrode pointue) constituée par l'huile claire, et l'autre plus éloignée qui est constituée par l'huile très foncée. Ici encore, il s'agit de la répulsion des particules en suspension vers le côté éloigné de l'électrode.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur la variation du courant d'espace dans un magnétron sous l'action du champ magnétique*. Note de M. **Joseph Bethenod**, présentée par M. Camille Gutton.

Il est bien connu, lorsqu'on augmente la valeur du champ magnétique d'un magnétron, que le courant entre cathode et anode est annulé à partir d'une certaine valeur critique de ce champ, fixée théoriquement par A. W. Hull.

Il serait évidemment intéressant de pouvoir prédéterminer également l'allure de la variation dudit courant pour des intensités du champ magnétique comprise entre o et la valeur critique. Dans le cas d'électrodes cylindriques, un tel problème paraît à peu près inextricable, mais, compte tenu des approximations faites par ailleurs dans l'étude théorique de semblables phénomènes, on peut se borner au cas limite où l'on a affaire à des électrodes parallèles planes telles que l'on soit en droit de négliger l'effet des bords.

Désignons par :

V, le potentiel en un point situé à une distance x du plan de la cathode, supposée au potentiel O;
X, l'intensité du champ électrique au même point;
u et v les composantes de la vitesse d'un électron, de charge e et de masse m, suivant la direction du champ électrique et suivant une direction orthogonale.

Sous l'influence d'un champ magnétique d'intensité H, parallèle aux plans des électrodes, la vitesse v est donnée par l'égalité

$$mv = e\mathrm{H}x, \tag{1}$$

qui se déduit aisément des équations du mouvement d'un électron.

D'autre part on peut écrire

$$\frac{1}{2}m(u^2+v^2) = e\mathrm{V}, \tag{2}$$

$$\frac{d^2\mathrm{V}}{dx^2} = 4\pi\rho, \tag{3}$$

ρ étant la densité au point situé à la cote x, et enfin le courant i par unité de surface entre électrodes est donné par

$$i = u\rho \tag{4}$$

On en déduit immédiatement

$$u^2 = \frac{2e\mathrm{V}}{m} - \frac{e^2\mathrm{H}^2x^2}{m^2} \tag{5}$$

et

$$\frac{d^2\mathrm{V}}{dx^2} = \frac{4\pi i}{\sqrt{\frac{2e\mathrm{V}}{m} - \frac{e^2\mathrm{H}^2x^2}{m^2}}}. \tag{6}$$

L'égalité (5) appliquée au plan d'anode ($\mathrm{V} = \mathrm{V}_a$, $x = d$) permet de définir la valeur de champ critique

$$\mathrm{H} = \frac{1}{d}\sqrt{2\frac{m}{e}\mathrm{V}_a}, \tag{7}$$

au-dessus de laquelle tout courant i est impossible.

On retrouve ainsi très simplement la formule de A. W. Hull dans le cas particulier d'électrodes planes.

Quant à l'équation (6), son intégration peut être poursuivie jusqu'au bout, par deux changements successifs de variable.

Le premier consiste à poser

(8) $$\chi = 2\frac{e}{m}V - \frac{e^2H^2x^2}{m^2};$$

ce qui permet d'écrire

(9) $$\frac{m}{2e}\frac{d^2\chi}{dx^2} + \frac{eH^2}{m} = \frac{4\pi i}{\sqrt{\chi}},$$

d'où

(10) $$\frac{m}{e}\left(\frac{d\chi}{dx}\right)^2 = 32\pi i\sqrt{\chi} - \frac{4eH^2}{m}\chi,$$

compte tenu des conditions limites.

En continuant l'intégration par les méthodes ordinaires, on trouve enfin la relation

(11) $$x = \frac{m}{eH}\left[\frac{m}{e}\frac{4\pi i}{H^2}\arccos\frac{\frac{4\pi mi}{eH^2} - \sqrt{\chi}}{\frac{4\pi mi}{eH^2}} - \sqrt{\frac{8\pi mi}{eH^2}\sqrt{\chi} - \chi}\right],$$

laquelle, associée avec (8), fournit la solution cherchée.

Si, dans ces équations, on pose $x = d$, $V = V_a$, on est en mesure de tracer la courbe $i = f(V_a)$ pour une valeur donnée de H, ou encore, pour un potentiel d'anode déterminé V_a, de connaître les variations du courant i en fonction de l'intensité du champ magnétique.

ÉLECTROOPTIQUE. — *Étude aux rayons X des esters de l'acide polymétatellurique.* Note de M. **Marcel Mathieu** et Mlle **Cécile Siora**, présentée par M. Jean Perrin.

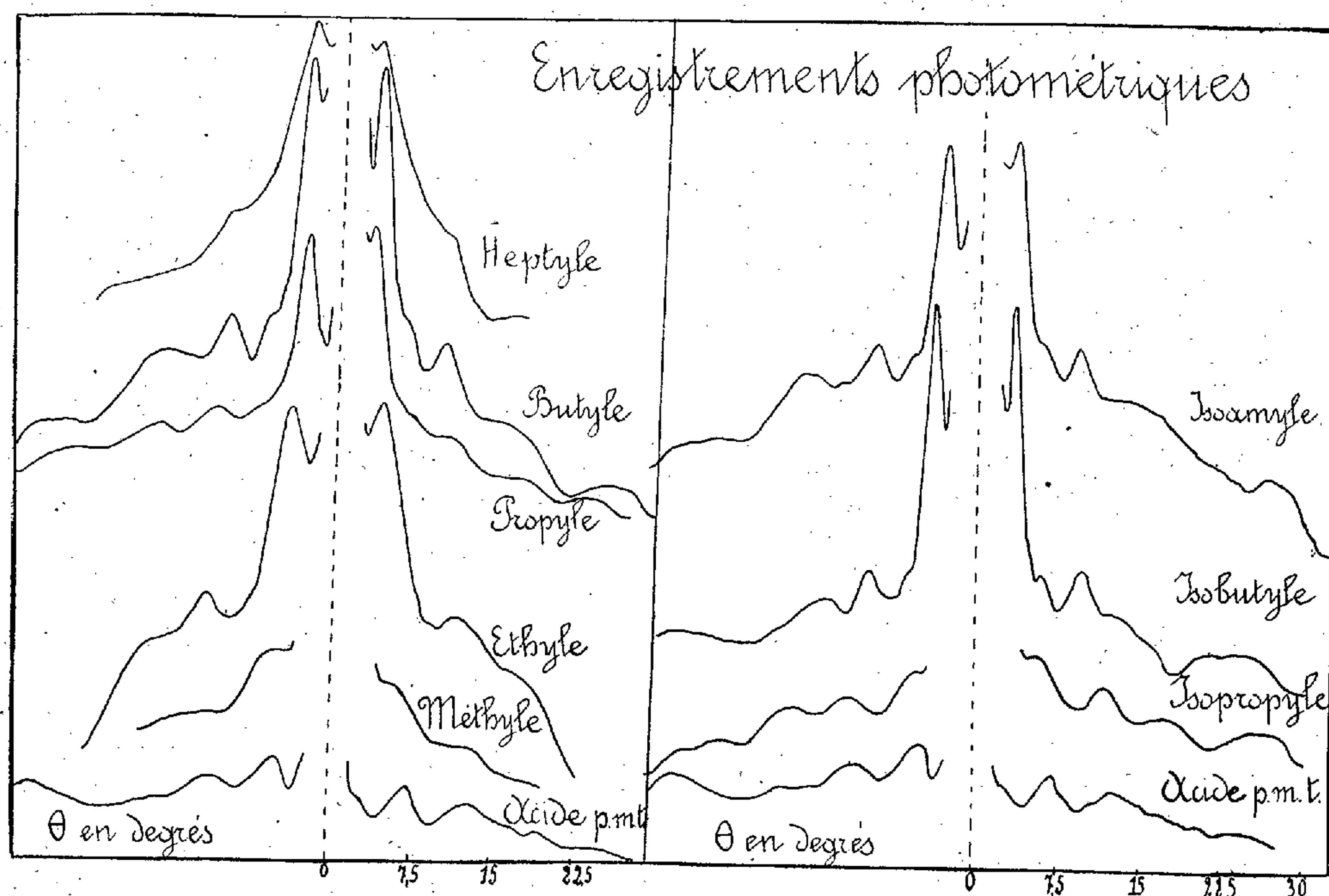
Les esters de l'acide polymétatellurique, TeO^4R^2 [R = méthyle (acide), éthyle, propyle, butyle, heptyle, isopropyle, isobutyle, isoamyle], préparés par dissolution des acides ortho ou polymétatellurique dans les alcools correspondants [1], sont des poudres d'apparence amorphe, indistillables, se décomposant sans fondre.

Nous les avons étudiés aux rayons X à l'aide du dispositif de Guinier [2] qui permet d'utiliser un rayonnement strictement monochromatique

(1) M. Patry, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 2088; *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 3, 1936, p. 845.

(2) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1115

(Cu_α, 25 kV, 22 mV) obtenu par réflexion sur une lame de quartz courbée, taillée suivant ($10\bar{1}1$) et d'éviter la diffusion par l'air en faisant le vide dans la chambre photographique. Celle-ci était disposée de telle sorte que l'échantillon, placé sur le trajet du faisceau monochromatique incident, soit diamétralement opposé à la raie focalisée. L'ouverture angulaire du faisceau à la sortie du tube n'était que de 20 minutes environ, afin de



diminuer la diffusion par le quartz. Le temps de pose s'éleva de 10 à 50 heures en allant des tellurates les plus lourds aux tellurates les plus légers.

Les diagrammes de rayons X mettent en évidence pour chacun des esters considérés une succession d'anneaux concentriques (caractéristiques des corps amorphes ou liquides) qui paraissent devoir être envisagés comme des ordres successifs de diffraction. On remarque que tous les anneaux se resserrent lorsque la chaîne organique augmente d'un groupe CH^2. Une anomalie néanmoins se produit pour le tellurate neutre de propyle qui, quel que soit le mode de purification de l'alcool, présente des anneaux de diamètre toujours inférieur à celui des tellurates d'éthyle ou de butyle.

Cette variation progressive de l'angle de diffraction θ en fonction du

nombre d'atomes de carbone de la chaîne témoigne que cet angle est certainement en relation avec la longueur de la chaîne, mais l'irrégularité même de cette variation n'a pu permettre encore d'en tirer des conclusions précises.

Substance.		θ_1.	θ_2.	θ_3.	θ_4.	θ_5.	θ_6.
Acide polymétatellurique	θ (en °).......	6,45	12,386	–	–	–	–
	d (en Å)......	6,84	7,17	–	–	–	–
Tellurate d'							
isopropyle	θ (en °).......	6,52	11,623	17,56	–	–	–
	d (en Å)......	6,77	7,63	7,64	–	–	–
isobutyle	θ (en °).......	3,645	6,64	9,89	–	15,82	–
	d (en Å)......	12	13,2	13,42	–	14,11	–
isoamyle	θ (en °).......	3,22	6,28	9,51	–	15,4	–
	d (en Å)......	13,7	14	13,78	–	14,8	–
Tellurate de							
méthyle (acide)	θ (en °).......	6,6	13,2	–	–	–	–
	d (en Å)......	6,7	6,74	–	–	–	–
éthyle	θ (en °).......	4,24	–	12,58	18	–	–
	d (en Å)......	10,4	–	10,58	10	–	–
propyle	θ (en °).......	3,136	–	–	12,24	–	19,8
	d (en Å)......	14	–	–	14,5	–	13,65
butyle	θ (en °).......	3,28	6,55	10,36	–	16,86	–
	d (en Å)......	13,45	13,5	12,82	–	13,25	–
heptyle	θ (en °).......	3	–	9,654	–	–	–
	d (en Å)......	14,6	–	13,75	–	–	–

Ces angles de diffraction peuvent être transformés en *distances réticulaires d*, donnant très grossièrement une idée de la longueur des molécules, à l'aide de l'équation de Bragg

$$n\lambda = 2d\sin\theta.$$

GÉOLOGIE. — *Stratigraphie des unités briançonnaises dans le massif de la Condamine.* Note (¹) de M. **Jean Goguel**, présentée par M. François Grandjean.

Nous avons montré précédement quelles unités tectoniques interviennent dans la constitution du massif de la Condamine. Nous allons

(¹) Séance du 23 octobre 1939.

indiquer maintenant quels sont les caractères stratigraphiques de ces unités.

La troisième écaille débute par les calcaires triasiques, noirs, compacts et fort épais, qui gardent les mêmes caractères dans toutes les unités briançonnaises. Le Dogger manque parfois (Rocher-Blanc), mais il est représenté le plus souvent par 50 à 150 mètres de calcaires esquilleux ou de brèches polygéniques, souvent jaunâtres ou schisteux, avec parfois des schistes rouges. Il constitue par exemple le sommet de Rocher-Bouchard.

Le Malm repose sur les terrains précédents par une surface corrodée. Épais de 20 à 30 mètres, il présente le faciès de Guillestre, avec une coloration rouge particulièrement vive à mi-hauteur. Au Rocher-Blanc et à Notre-Dame-des-Neiges, c'est-à-dire dans une zone plus interne, il est représenté par des calcaires gris.

Le Malm est constamment surmonté par des marbres en plaquettes, relativement compacts, de teintes vives, rouge ou verte, et de faible épaisseur (10 à 30 mètres), avec passées bréchoïdes fréquentes à la base.

Le flysch est relativement fréquent au sommet de la troisième écaille. Il présente, au sommet du Sablier, un développement exceptionnel de grès grossiers, en gros bancs.

Dans la deuxième écaille, le Dogger présente un développement beaucoup plus considérable que dans la troisième (plusieurs centaines de mètres d'épaisseur). Il comporte des schistes, des brèches polygéniques, mais également de gros bancs de calcaires massifs noirs, un peu plus spathiques que ceux du Trias, dont on ne peut guère les distinguer que par leur association avec les faciès précédents, et des calcaires tachetés ou oolithiques. Nous y avons trouvé, au pied Est du Pic de Montbrison, des nérinées, dans des schistes associés à des brèches polygéniques. Lorsque les bancs sont verticaux, ils prennent fréquemment un aspect ruiniforme (arête Sud-Ouest de la Tête d'Aval, arête de la Tête d'Amont aux Tenailles). On y trouve parfois (pied Est du Pic de Montbrison) des radiolarites rouges. La stratigraphie de cette formation devra faire l'objet de recherches ultérieures qui pourront sans doute préciser son âge, et peut-être permettre la distinction de plusieurs niveaux.

Le Malm est représenté par des calcaires gris ou blancs cristallins, rarement lumachelliques, présentant plus rarement encore (pied Est de la Tête d'Amont) des septa rouges ou verts indiquant une transition vers le faciès de Guillestre.

Par suite de la forme en pli couché dysharmonique de la deuxième

écaille, les marbres en plaquette ne s'observent, en dehors des cols de part et d'autre de la Tête d'Amont, que sur le versant Ouest, où ils atteignent une grande épaisseur; ils sont en général blanchâtres, à peine lavés de rouge ou de vert. La présence de flysch dans la deuxième écaille est douteuse.

Dans la deuxième écaille, le Dogger qui affleure sur le versant Ouest diffère sensiblement de celui, plus interne, du versant Est. Les schistes, bleu noir, très fissiles et argileux, nettement différents de ceux du flysch (qui sont noirs, craquelés, plus siliceux) jouent un rôle important; ils sont associés à des calcaires tachetés, oolithiques ou esquilleux, ou, plus rarement, à des brèches polygéniques.

Sur l'arête Sud-Ouest de la Tête d'Aval, le Malm est représenté par des calcaires gris à bandes siliceuses très nombreuses. A l'Ouest du Pic de Montbrison, il manque sous les marbres en plaquettes, à moins qu'on n'y rapporte des calcaires noirs, analogues à ceux du Dogger, mais à bandes siliceuses.

Plus au Nord, le faciès du Malm gris à bandes siliceuses se retrouve entre la Condamine et Bas-Morand, mais surtout au Nord de la quatrième écaille, dans la Tête de Grand-Pré, où il repose sur des marnes oxfordiennes typiques (Gignoux). Dès la crête de la Balme, un peu plus au Sud, on retrouve une surface corrodée ferrugineuse entre le Dogger et le Malm.

Dans l'écaille de Parapin, qui est plus externe que la deuxième écaille, on ne retrouve sur les calcaires triasiques que les schistes du Dogger, associés à quelques bancs calcaires caractéristiques. Comme en beaucoup de points du versant Ouest, ces schistes avaient été rapportés au flysch par Termier.

Cette évolution des faciès, d'une unité à l'autre, prolonge celle de la série subbriançonnaise. A la partie la plus interne de celle-ci, dans la fenêtre de Largentière, le Malm est représenté par des calcaires à bandes siliceuses, assez analogues d'aspect à ceux de la Tête de Grand-Pré, et reposant comme eux sur des marnes oxfordiennes. Le Dogger est représenté par des brèches et des calcaires oolithiques ou à fragments organiques. Dans une zone plus externe, à Vallouise, ces brèches du Dogger disparaissent et il ne subsiste que les calcaires de Vallouise, à débris organiques, très caractéristiques, qui forment plusieurs anticlinaux secondaires au milieu des marbres en plaquettes, immédiatement à l'ouest du sommet de la Condamine. On ne peut plus rapporter au Malm, et avec doute, que des calcaires noirâtres, plus durs et en bancs plus épais

que les marbres en plaquettes à la base desquels ils se détachent sur quelques dizaines de mètres d'épaisseur (Ouest de la Condamine).

On sait que cette série subbriançonnaise repose, jusqu'à la Croix de Ciboui, sur le flysch autochtone. Ce flysch, gréseux, comporte à sa base un banc de calcaire nummulitique, fréquemment séparé du massif cristallin par une certaine épaisseur d'arkose ou de conglomérat à éléments cristallins. Nous avons trouvé, dans un conglomérat analogue de la partie autochtone de la coupe de la Madeleine, de grandes nummulites qui indiquent le Lutétien.

PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nouvelles observations sur les Fougères primitives du genre* Cladoxylon. Note de M. **Paul Bertrand**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Dans un Mémoire paru en 1935, j'ai décrit tout ce qui était accessible de l'appareil aérien des *Cladoxylon* de Saalfeld en Thüringe (Viséen supérieur). L'objet de la présente Note est : 1° de donner une interprétation très générale de l'organisation anatomique des *Cladoxylon;* 2° de faire connaître l'appareil souterrain de ces végétaux.

I. Les rameaux aériens des *Cladoxylon* se présentent sous des aspects variés, qui leur ont valu d'être décrits sous des noms différents : *Cladoxylon*, *Hierogramma*, *Syncardia*, *Clepsydropsis*. Tous ces rameaux ont la valeur de *cladodes*, c'est-à-dire qu'ils sont formés par la coalescence d'axes moins gros, formés eux-mêmes par la coalescence d'axes élémentaires (*cauloïdes primitifs* de Lignier, *télomes* de Zimmermann). La structure des axes primitifs s'observe facilement : 1° au niveau d'insertion d'un *Clepsydropsis* sur un *Cladoxylon;* 2° dans les pétiolules ou fines ramifications du *Cladoxylon radiatum*. Elle consiste en un anneau ligneux à différenciation centrifuge, dont la région centrale est occupée par des éléments à parois minces ou faiblement épaissies (fibres primitives et éléments de protoxylème). Ce faisceau est rigoureusement équivalent à l'anneau vasculaire des axes aériens de *Rhynia major*. Notons en outre que dans la région d'insertion d'un *Hierogramma* sur un *Cladoxylon* et dans la région voisine d'une dichotomie de ce même *Hierogramma* les faisceaux primitifs, au lieu de s'allonger radialement, se disposent sur un cercle et s'unissent les uns aux autres tangentiellement, ce qui confirme que tous les rameaux aériens sont bien des cladodes d'axes élémentaires.

II. *Appareil souterrain des* Cladoxylon. — Les rameaux souterrains ont également la valeur de cladodes. Ils sont représentés par les *Steloxylon* (*St. dubium*), qui accompagnent les *Cladoxylon* à Saalfeld dans leur gisement. Toutefois notre description sera basée sur le *Steloxylon Ludwigii* de la Steppe des Kirghises, échantillon silicifié qui fut décrit par Schenk (1889), puis par Solms-Laubach (1910) et qui est de beaucoup l'exemplaire le plus complet que l'on possède. Il s'agit d'un stipe très gros, renfermant un grand nombre de massifs ligneux disposés radialement. Les massifs internes forment un système anastomotique très développé. Tous sont constitués à peu près exclusivement par du bois secondaire développé *tout autour d'une lame médiane de tissu mince et écrasé*. Le bois primaire est donc réduit à l'extrême. Il serait représenté seulement dans les massifs périphériques par 1 ou 2 éléments trachéens, situés à l'extrémité externe de la lame médiane, mais entourés de B_2 centrifuge et tangentiel. C'est de cette région externe des massifs périphériques que partent les radicelles.

Les radicelles sont disposées en spirales autour du stipe; chacune d'elles reçoit un faisceau annulaire, ne renfermant que du bois primaire. Celui-ci était sans doute pourvu sur sa face externe de protoxylème diffus, comme chez les petites racines des Lycopodes, mais l'état concrétionné de la silice ne nous a pas permis de vérifier ce point. Très curieusement la solénostèle en question rappelle celle des petits stipes des *Tempskya;* en dépit de cette ressemblance les radicelles des *Steloxylon* sont incontestablement des axes primitifs peu modifiés.

III. D'après ce que nous venons d'exposer, les rameaux souterrains des *Cladoxylon*, comme ceux des Lycopodiales arborescentes (*Lepidodendron*, *Sigillaria*), nous offrent deux caractères remarquables : 1° réduction considérable du bois primaire centripète qui est en quelque sorte virtuel; 2° grand nombre de radicelles disposées en spirales autour du rameau. Mais les radicelles des *Stigmaria* sont de véritables appendices, morphologiquement comparables aux feuilles aciculaires et aux écailles ovulifères des Conifères. En effet, leur faisceau ovale est composé en majeure partie de bois primaire *centrifuge* (et non centripète comme beaucoup d'auteurs l'ont admis), augmenté parfois de B_2 centrifuge également. Le bois primaire centripète est représenté par quelques trachéides globuleuses spiralées (*tissu de transfusion*) développées à la pointe externe du faisceau et jusque dans le parenchyme cortical, où il assure l'absorption et la canalisation de l'eau vers le faisceau.

En définitive, la radicelle d'un *Stigmaria* et celle d'un *Steloxylon* ont

toutes les deux la valeur d'organes différenciés directement aux dépens de télomes primitifs. Mais la première est évidemment beaucoup plus évoluée que la seconde.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Sur l'existence des* arcs extra-ligneux *dans les racines des Monocotylédones*. Note (¹) de Mlle **Madeleine Fourcroy**, transmise par M. Alexandre Guilliermond.

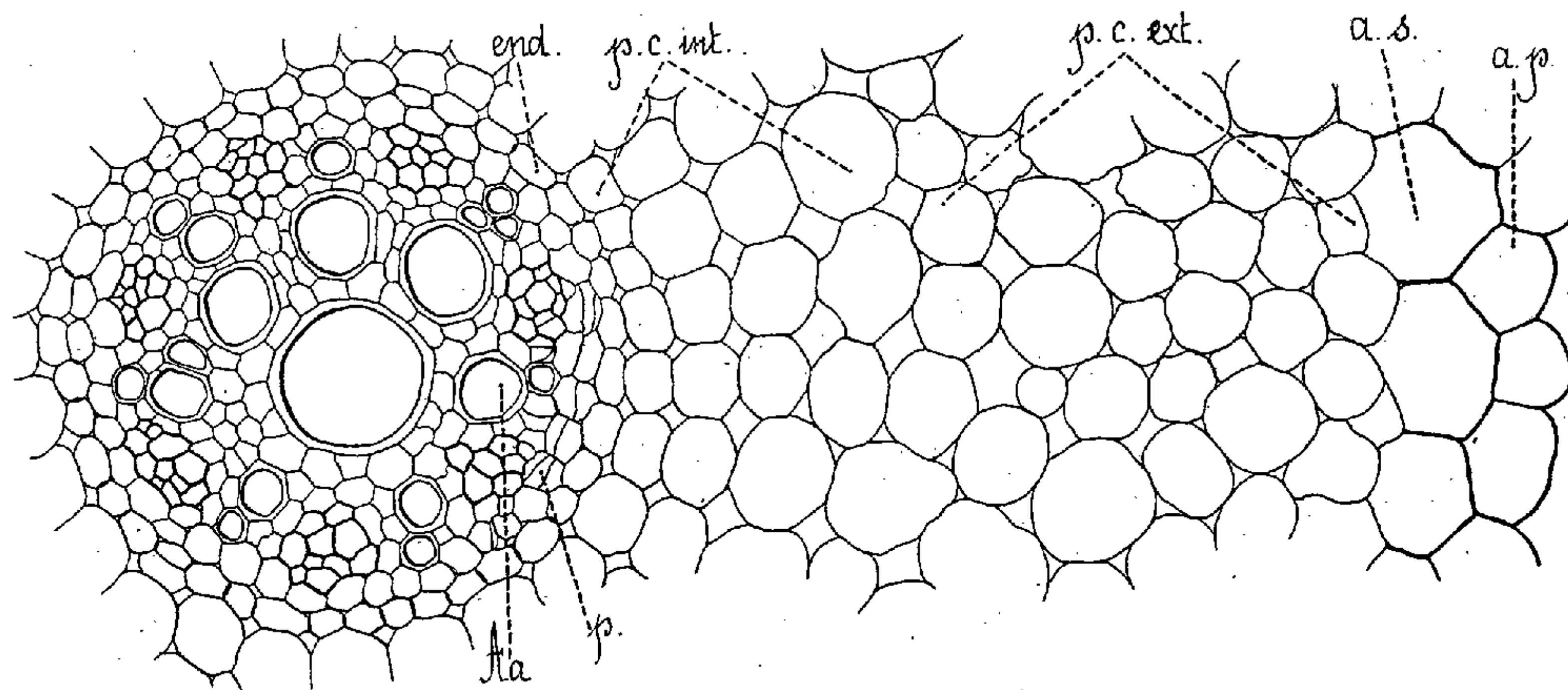
J'ai montré (²) que, dans les racines *jeunes* des Dicotylédones, la zone génératrice interne est discontinue : si les *arcs intra-libériens* de Van Tieghem (³) sont effectivement générateurs d'éléments criblés et vasculaires, les *arcs extra-ligneux* ne sont en relation qu'avec les naissances de radicelles et sont conditionnés par elles. Il suffit de faire une coupe à une distance suffisante de l'axe d'une radicelle, même au-dessus d'elle, pour ne rencontrer aucune trace de cloisonnements à la pointe du faisceau alterne sur lequel se fait l'insertion; et ceci, à un niveau où les *arcs intra-libériens* sont activement fonctionnels.

Il m'a paru intéressant de fournir une démonstration complémentaire de la signification spéciale des *arcs extra-ligneux* en montrant que les racines des Monocotylédones, normalement dépourvues de zone génératrice interne, peuvent cependant présenter de tels arcs sous la dépendance des naissances de radicelles. Deux difficultés étaient à vaincre : d'une part, les radicelles sont relativement peu nombreuses chez les Monocotylédones : d'autre part, la multiplicité des faisceaux vasculaires alternes à la périphérie du cylindre central les rend si proches les uns des autres qu'une seule radicelle s'insère vasculairement sur 2 et même 3 faisceaux consécutifs (⁴), et de ce fait comporte une *plage rhizogène* très complexe. Pour simplifier, j'ai choisi comme matériel d'étude la racine du *Tradescantia Virginica* dont la stèle est petite et ne possède que 5 à 7 faisceaux alternes bien séparés.

La figure ci-après montre clairement l'existence d'un *arc extra-ligneux* extérieur au faisceau vasculaire centripète A*a* qui, quelques millimètres plus bas, alimentait une radicelle. Rien, à ce niveau, ne révèle le passage

(¹) Séance du 27 novembre 1939.
(²) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1336.
(³) *Traité de Botanique*, Paris, 1891, p. 720.
(⁴) *Ibid.*, p. 708.

de la ramification dans l'écorce : l'assise pilifère, l'assise subéreuse, les parenchymes corticaux externe et interne ne sont nullement perturbés; par contre, les cellules endodermiques, morphologiquement typiques, ne



présentent pas les épaississements caractéristiques de leurs faces radiales, mais surtout les cellules péricycliques sont cloisonnées, en face et de part et d'autre du xylème, témoignant de la proximité d'une radicelle. Or l'absence de quelques épaississements endodermiques et la présence de *l'arc extra-ligneux* n'intéressent que le faisceau vasculaire A*a* et les deux faisceaux criblés adjacents; aucun des autres faisceaux de la racine ne présente trace de cloisonnements.

Mais la *plage rhizogène* est très limitée en surface chez les Monocotylédones. Il en résulte que, en coupe transversale, il est difficile d'obtenir le niveau tout à fait favorable de la figure : ou bien, on est trop loin de l'axe de la radicelle et les cloisons sont trop peu nombreuses, trop dispersées pour donner l'apparence de *l'arc extra-ligneux;* ou bien, on est trop près de cet axe et l'on rencontre la radicelle, en coupe longitudinale tangentielle, dans le parenchyme cortical; alors, les cloisons sont abondantes, l'aspect de zone génératrice est indéniable, mais il n'y a doute pour personne sur la corrélation à établir entre la radicelle et les cloisonnements. De toute façon, qu'il y ait ou non trace de la radicelle, on ne peut parler « d'un ajustement bout à bout de deux séries d'arcs » ([5]) puisque les *arcs internes concaves vers l'extérieur* n'existeront jamais. Les *arcs extra-ligneux* s'établissent donc, et pour la même raison, chez les Monocotylédones et chez les racines *jeunes* des Dicotylédones.

([5]) *Loc. cit.* ([3]), p. 720.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la teneur en eugénol libre de l'essence de fleurs de violette de Parme.* Note de MM. **Sébastien Sabetay** et **Lucien Trabaud**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Alors que l'essence des feuilles de violette a été assez bien étudiée au point de vue chimique, les données sur l'essence des fleurs sont plutôt rares. Des deux variétés de *Viola odorata* L. (Victoria et Parme), cultivées en vue de l'extraction du parfum, c'est surtout la première qui a occupé l'attention des chercheurs, bien que la seconde possède une plus grande valeur au point de vue olfactif. H. v. Soden, H. Walbaum et A. Rosenthal, L. Ruzicka ont publié quelques constantes analytiques, qui du reste ne concordent pas entre elles et qui sont assez contestables, puisqu'il s'agissait d'essences commerciales, dont les soi-disant garanties de pureté ne présentaient pas de garanties qu'on puisse regarder comme rigoureuses.

L'essence des feuilles est caractérisée par une odeur dite verte. Son constituant principal est le nonadiénal (30 à 50%) à côté des alcools *n*-hexénique, hepténique, octénique, nonadiène-2,6 ol-1, hexylique, benzylique et *n*-octène-2 ol-1 à l'état libre ou à l'état d'esters propioniques, œnanthiques, octanoïques, octénoïques, palmitiques et salicyliques. L'essence absolue des fleurs de violette (variété Victoria), étudiée récemment par Ruzicka, contiendrait dix fois moins de nonadiénal que l'essence des feuilles. Par ailleurs, on y rencontrerait en d'autres proportions les alcools déjà trouvés dans l'essence des feuilles, et surtout une nouvelle cétone en $C^{13}H^{20}O$, isomère des ionones, la parmone, à odeur très fine, mais en quantité faible, puisque l'auteur n'a isolé que $0^g,25$ à partir de 700^g d'essence absolue. Il semblait donc « que la différence d'odeur entre les feuilles et les fleurs de violette ne résulte pas des proportions diverses selon lesquelles les mêmes principes odoriférants y sont contenus, mais essentiellement de la présence de la parmone, décelée dans les fleurs uniquement » (L. Ruzicka).

Ayant eu en mains de l'essence absolue de fleurs de violette de Parme, nous avons été surpris par son odeur poivrée, eugénolique. Il nous a été facile de mettre en évidence l'eugénol : gustativement (par la saveur des clous de girofle qu'il laisse sur la langue), olfactivement (par l'odeur nette qui reste après addition d'hydroxylamine), colorimétriquement (par les réactions colorées avec $FeCl^3$ et le réactif de Bezssonoff), et enfin chimi-

quement (par dosage d'après Zeisel et identification sous forme de benzoate).

Grâce à l'obligeance de la maison Bruno Court, de Grasse, nous avons pu surveiller de près la préparation de l'essence de fleurs de violette. L'*essence concrète*, préparée avec un rendement de 0,121 % par extraction, à l'éther de pétrole, des fleurs de violette de Parme soigneusement triées, se présente sous forme d'une masse cireuse, légèrement verdâtre, ayant un point de goutte de 50° (appareil Ubbelohde), I. A. 47,7, I. E. 58,6. La teneur en parfum, déterminée par la méthode Naves, Sabetay et Palfray (entraînement à la vapeur d'eau sous vide), a été trouvée de 11,60 %; par la méthode Sabetay (codistillation sous vide avec le glycol éthylénique) nous avons obtenu 11,70 %.

L'*essence absolue*, préparée avec un Rt de 43 % par épuisement à l'alcool et refroidissement de l'essence concrète, se présente sous forme d'une huile jaune brunâtre, se figeant au-dessous de 15°. Ses constantes sont n_D^{20} 1,4932; d_{15}^{15} 0,9539; α_0 + 5°02; I. A. 62; I. E. 42,9. Sa teneur en parfum (entraînable sous vide) est de 32,7 %.

L'*entraînable sous vide*, provenant soit de la concrète, soit de l'absolue, est une huile légèrement jaunâtre, à odeur herbacée et poivrée, verte et irisée. Ses constantes sont n_D^{20} 1,5107; d_{15}^{15} 0,9849; α_D + 10°40'. Oximation à froid : 1^g consomme 1^{cm^3} KOH N/2; OCH^3 % (Zeisel) 8,06 %. Cette huile se colore en vert par $FeCl^3$, en jaune brun par $SbCl^3$ et en bleu par le réactif de Bezssonoff à froid. Elle absorbe le brome chloroformique sans bleuir.

Afin d'isoler les phénols, nous avons traité l'entraînable sous vide par KOH à 4 %. Les phénols, régénérés de la liqueur alcaline au moyen de CO^2, ont été extraits à l'éther, qui a été ensuite chassé au B.-M. Le résidu, à forte odeur poivrée, a été transformé en *benzoate* au moyen du chlorure de benzoyle et de soude aqueuse. Après quelques jours de repos à la glacière, on essore et lave copieusement à l'alcool aqueux. A partir de 1^g,083 d'entraînable on obtient 0^g,3695 de benzoate cristallisé sec, pur d'emblée, fondant à 69° (Maq.) et ne donnant pas de dépression par mélange avec le benzoate d'eugényle. D'après ces chiffres, on calcule une teneur de 21 % d'eugénol dans le parfum pur de l'essence de fleurs de violette.

Les feuilles de violette contiennent-elles de l'eugénol ? A défaut d'une essence préparée exclusivement à partir de feuilles de violette de Parme, que l'industrie ne prépare pas spécialement, nous avons pu examiner une

essence provenant de l'extraction à l'éther de pétrole du mélange des feuilles de violette Victoria et Parme, provenant de la région d'Hyères. L'essence concrète, préparée avec un Rt de 0,57 %, a été transformée en absolue (Rt 66 %). Celle-ci contenait 5,75 % d'entraînable sous vide, n_D^{20} 1,4822, et donnait une coloration brunâtre avec $FeCl^3$. En dépit d'une teneur en méthoxyle assez élevée, qui avait échappé jusqu'à présent à tous les chercheurs, nous n'avons pu mettre en évidence que des quantités infimes d'eugénol libre, reconnaissable à l'odeur.

En résumé, l'essence de fleurs de violette de Parme (l'essence la plus chère de la parfumerie, puisque à raison de 200^{fr} le gramme d'absolue, le gramme de parfum 100 % revient à 600^{fr}) contient des quantités appréciables d'eugénol, c'est-à-dire le corps même qui est le constituant principal de l'essence de girofle de Madagascar, dont le prix de revient est de 40^{fr} le kilo. L'eugénol se révèle ainsi comme un élément fondamental de bon nombre d'odeurs florales très importantes, puisqu'on l'a déjà trouvé dans nombre de parfums naturels (cassie, jacinthe, jasmin, œillet, rose, tubéreuse, violette etc.), sans préjudice de ceux où il est probable qu'on le trouvera dans l'avenir.

HISTOPHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Les facteurs rétiniens de l'acuité visuelle des Vertébrés.* Note de **Mlle M.-L. Verrier**, présentée par M. Louis Bouvier.

Le pouvoir séparateur de la rétine est souvent confondu avec l'acuité visuelle. En réalité, il n'est que l'un des facteurs de cette acuité ; celle-ci est aussi conditionnée par les qualités de l'appareil dioptrique. Cependant le pouvoir séparateur est un facteur de grande importance et les opinions sont encore divergentes quant à son substrat anatomique.

Pour certains, et c'est une opinion que l'on trouve en de récents ouvrages, « les cônes serviraient à distinguer les détails et interviendraient seuls dans l'acuité visuelle » (1). C'est pourquoi le pouvoir séparateur de la rétine atteindrait son maximum au niveau de la fovea, qui ne contiendrait que des cônes.

---

(1) *Traité de physiologie normale et pathologique*, X, 2e partie, Paris, 1935, p. 1451.

Pour Pütter ([2]), les dimensions de l'élément rétinien sont prépondérantes. L'acuité visuelle, ou plus exactement le pouvoir séparateur de la rétine, serait inversement proportionnelle au diamètre des cellules visuelles. Mais, comme le fait remarquer Ovio ([3]), cette notion ne tient pas compte du fait que les excitations reçues par plusieurs cellules visuelles contiguës sont transmises à une seule cellule ganglionnaire. C'est pourquoi d'autres auteurs, dont Rochon-Duvigneaud ([4]), apprécient le pouvoir séparateur d'une portion de rétine par le rapport du nombre de cellules visuelles au nombre des cellules ganglionnaires correspondantes.

L'ophtalmologie comparée donne d'utiles indications pour l'appréciation de ces trois points de vue. Les faits que je résume ici portent sur la comparaison de plus de 200 types de rétines de Vertébrés.

1° L'acuité visuelle dépend-elle d'une forme bien déterminée de cellules visuelles, les cellules à cônes? A cet égard je fais remarquer que les cellules visuelles de la fovea, siège de l'acuité visuelle maximum, sont morphologiquement identiques aux bâtonnets périphériques. Dans les régions périfovéales, où l'acuité visuelle est loin d'être négligeable, existent tous les intermédiaires entre les cônes typiques et les cônes fovéaux ou les bâtonnets de la périphérie. Enfin les cônes typiques n'existent que dans les régions où l'acuité décroît sensiblement. De plus, l'étude de la rétine des Oiseaux rapaces nocturnes fournit à cet égard de fort intéressantes indications. La rétine de la Chouette chevêche (*Athene noctua* Scop.), la région fovéale y compris, ne renferme qu'une seule sorte de cellules visuelles qui s'apparente indiscutablement aux bâtonnets classiques. La Hulotte (*Syrnium aluco* L.) et le Moyen-Duc (*Otus vulgaris* Flem.) possèdent à la périphérie rétinienne deux sortes de cellules visuelles, des bâtonnets groupés en faisceaux qui alternent avec un cône, mais ceux-ci font défaut au niveau de la fovea; seuls persistent les bâtonnets typiques. Or ces foveæ à bâtonnets indiscutables sont le siège d'une excellente acuité, comme le prouve le comportement de ces animaux.

2° La fovea est-elle fonction, exclusivement, du diamètre des cellules visuelles? L'ophtalmologie comparée montre que cette notion conduit à des

---

([2]) *Organologie des Auges, Graefe-Saemisch's Handbuch*, III Aufl., I Th., X Kap., 1912.

([3]) *Anatomie et physiologie de l'œil dans la série animale*, Paris, 1927, p. 600.

([4]) *Bull. Mus. nat. Hist. nat.*, 3, 1925, p. 224.

résultats en désaccord avec de simples faits d'observation. Par exemple les cellules visuelles fovéales et périfovéales de l'Homme, des Primates et des Oiseaux ont un diamètre très voisin de celui des cellules visuelles de nombreux Rongeurs et Insectivores à acuité visuelle très défectueuse ([5]). De nombreux Poissons, les Sélaciens principalement, ont des cellules visuelles beaucoup plus minces que celles des Oiseaux diurnes. Or le pouvoir séparateur de ces derniers est de beaucoup supérieur à celui des Vertébrés inférieurs. La seule mesure du diamètre des cellules visuelles est donc insuffisante pour apprécier l'acuité.

3° Le rapport $\frac{\text{cellules visuelles}}{\text{cellules ganglionnaires}}$ ou $\frac{\text{éléments récepteurs}}{\text{éléments conducteurs}}$ permet-il mieux d'apprécier le pouvoir séparateur de la rétine ? Ce rapport paraît être un terme de comparaison fort utile dans de nombreux cas. Cependant il peut lui aussi conduire à des erreurs. Lorsqu'on s'adresse à des rétines à cellules visuelles volumineuses et à cellules ganglionnaires assez nombreuses, telles les rétines de nombreux Reptiles, il arrive que l'on établisse un rapport égal ou voisin de l'unité, tout comme au niveau d'une fovea très caractéristique chez des animaux à acuité manifestement très moyenne. Ainsi, chez la Salamandre tachetée, Rochon-Duvigneaud établit le rapport $\frac{\text{cellules visuelles}}{\text{cellules ganglionnaires}}$ égal à 14/12, et chez l'Orvet, ce même rapport égal à 27/30. J'ai fait des constatations analogues chez divers Lézards et Tritons.

Ainsi, en tenant compte des précédentes réserves, il apparaît que le rapport $\frac{\text{cellules visuelles}}{\text{cellules glanglionnaires}}$ est un terme de comparaison à employer dans l'appréciation du pouvoir séparateur de la rétine; mais il est indispensable de compléter ce rapport par l'indication du diamètre des cellules visuelles. Chacune de ces notions, si elle est retenue séparément, peut conduire à des erreurs d'interprétation. Il est aussi un fait important à souligner. Le pouvoir séparateur de la rétine est indépendant de la forme générale des cellules visuelles. Il n'est point l'apanage d'un type déterminé de cellules, les cellules à cônes. L'étude de l'acuité visuelle met donc en évidence la

([5]) On ne saurait attribuer ce défaut à la seule forme du cristallin. Le facteur rétinien joue aussi. Les Poissons qui ont un cristallin sphérique, comme les Rongeurs, ont une assez bonne acuité lorsqu'ils ont une fovea.

fragilité de la théorie dualiste de la vision. En cela elle complète les recherches faites au cours de ces dernières années sur les autres modalités de la vision des Vertébrés et leur substrat anatomique.

La séance est levée à 15h40m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 30 mai 1939.)

Note de Mme *Dora Markowska*, Sur la vitesse de formation du chlorhydrate de β-naphtylamine :

Page 1729, ligne 8, *au lieu de* par rapport à l'ammoniac, *lire* par rapport à l'acide chlorhydrique.

(Séance du 23 octobre 1939.)

Note de M. *Henri Deslandres*, Application à des molécules intéressantes de l'analyse nouvelle des spectres moléculaires :

Page 612, ligne 1 du bas de la page, *au lieu de* activés égale, *lire* activés est égale....

Page 615, lignes 2 et 3, *au lieu de* 7, 11, 13 et 19, *lire* 7, 13, 15 et 17.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 DÉCEMBRE 1939.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE BÉHAL.

COMMÉMORATION DU CINQUANTENAIRE ACADÉMIQUE DE M. ÉMILE PICARD.

Les Membres de l'Académie des Sciences, de nombreux Confrères de l'Académie Française et de différentes Académies de l'Institut de France se sont réunis avant la séance hebdomadaire pour fêter le Cinquantième anniversaire de l'élection de M. ÉMILE PICARD.

M. le Président, en ouvrant la séance, offre les félicitations de l'Académie et les siennes à M. Émile Picard, entouré de Mme Picard et de leur famille.

Allocution de M. AUGUSTE BÉHAL.

Mon cher Confrère,

Nous sommes heureux de vous voir parmi nous pour assister à une cérémonie, rare entre toutes, celle du jubilé d'un Membre de l'Institut, à votre jubilé, mon cher Confrère. Vous avez été élu membre de la Section de Géométrie le 11 novembre 1889 et nous fêtons aujourd'hui, avec un peu de retard, ce cinquantième anniversaire de votre entrée à l'Institut.

Interprète de nos Confrères, je vous adresse toutes nos félicitations avec l'expression de notre profonde estime et de notre affectueux respect.

Discours de M. **Alfred Lacroix**,

Secrétaire perpétuel pour les sciences physiques.

Mon cher Ami,

Le 6 mai 1928, dans les salons de la Sorbonne, se pressaient autour de vous une foule d'hommes de science de toutes conditions, élèves d'alors et anciens élèves devenus des maîtres à leur tour, Professeurs d'Universités et d'Écoles françaises et étrangères, Mathématiciens réputés, Délégués de Corps savants proches ou lointains et de nombreux amis.

Cette imposante cérémonie était présidée par un de vos anciens disciples de grande renommée, Painlevé, notre Confrère et Collègue, à ce moment Ministre de la guerre, représentant officiel du Gouvernement et ainsi de notre Pays. Tous étaient réunis pour apporter, à l'occasion de son *Cinquantenaire scientifique*, l'hommage de leur admiration, de leur respect, de leur gratitude au Maître célèbre par son savoir et l'élégance mise à le faire valoir, à l'un des plus brillants représentants de la pensée scientifique de la France.

Neuf ans plus tard, le 6 juillet 1937, ici même, au milieu de nous, le Ministre d'une Nation amie, assistant le Directeur d'un Institut Mathématique fameux, celui de Mittag-Leffler, est venu de Stockholm pour vous remettre un rare présent, sans précédent, *hommage de la Mathématique pure*.

Aujourd'hui, vos Confrères des deux Académies qui considèrent comme un honneur de vous posséder, auxquels se sont joints des membres des autres Compagnies de l'Institut de France, sont groupés pour fêter, *en famille*, votre *Cinquantenaire académique*.

Cinquante ans de fidélité à une Académie paraîtront bien fabuleux à beaucoup. Au départ, un demi-siècle semble devoir être sans fin, mais comme il passe, rapide, dans une vie de travail telle que la vôtre!

J'ai eu la curiosité de chercher combien, à ce point de vue, vous avez eu de prédécesseurs dans l'histoire de notre Académie.

De sa fondation par Colbert, en 1666, à ce jour, 41 cinquantenaires ont été ou auraient pu être fêtés. Parmi les heureux mortels en cause, quatre furent Secrétaires perpétuels de l'Académie des Sciences, et en même temps membres de l'Académie française : Fontenelle, Dortous de Mairan, J.-B. Dumas et Émile Picard.

Si l'on compare notre ancêtre, l'Académie Royale des Sciences, de 1666 à 1793, et celle de l'Institut de France, de 1795 à aujourd'hui, apparaît une différence. Sur ces 41 savants privilégiés, 34 sont entrés à l'Académie avant 1793; la carrière de 19 d'entre eux s'est développée entièrement dans l'ancienne Académie, alors que 15 l'ont achevée sous le régime de l'Institut de France et ce ne furent pas les moindres : Lalande, Antoine-Laurent de Jussieu, Laplace, Lamarck....

Quant aux 7 autres personnages, devenus Académiciens après 1795, ce sont Biot, Mathieu, Dupin, Chevreul, J.-B. Dumas, Faye et vous-même.

Il est facile de comprendre la signification de ces nombres : 34, en 127 ans et 7 seulement en 144. Dans l'ancienne Académie, il existait des échelons à gravir pour atteindre le sommet, celui des pensionnaires; à l'origine, il y eut même des élèves académiciens, plus tard transformés en adjoints : ainsi s'explique le nombre relativement grand de ceux qui furent alors accueillis fort jeunes. Un débutant, qui promettait pour l'avenir ou qui avait des protecteurs puissants, pouvait être reçu « à crédit », quitte à rester en route, s'il ne répondait pas aux espoirs escomptés.

Il n'en est plus ainsi; depuis près d'un siècle et demi, nous vivons sous le régime de l'égalité, il n'existe plus d'échelons; le but ne peut être atteint que de plein pied, mais pour entrer il faut « payer comptant ». Il faut être porteur de titres scientifiques d'importance, et non pas seulement de promesses.

Vous étiez déjà fort riche en titres impressionnants, sans compter beaucoup de promesses, quand, le 11 novembre 1889, à l'âge de 33 ans, vous avez reçu, à peu de voix près, l'unanimité des suffrages de l'Académie. Ce beau succès n'a pas dû vous étonner. N'aviez-vous pas été nommé Maître de conférences à la Faculté des Sciences de Toulouse à 23 ans, et professeur titulaire à la Sorbonne, au minimum d'âge de 30? Vous aviez déjà pris l'habitude d'escalader allégrement les sommets, et cette habitude, vous l'avez conservée.

Arrivé très jeune à l'Académie, plein de talent et d'enthousiasme, d'ardeur et de profondeur dans la recherche, fier de la sympathie de vos Anciens, entouré d'un grand prestige parmi vos contemporains, vous alliez, avec aisance, développer une œuvre magnifique que va évoquer, avec sa haute compétence, l'un des membres de cette Section de Géométrie dont, pendant 28 ans, vous avez été l'un des ornements et qui est formée aujourd'hui uniquement de vos élèves.

Qu'il me soit seulement permis de rappeler que vous n'êtes pas un spécialiste prisonnier d'une unique discipline, si vaste que soit la Mathématique.

Une impatience jamais lassée, éprise de toutes les nouveautés scientifiques, dont vous avez eu la sagesse de ne jamais vous griser, vous a attiré et souvent retenu, non seulement dans les territoires voisins, tels que la Physique, mais jusqu'aux horizons les plus éloignés.

Une insatiable lecture, des plus éclectique, aussi bien littéraire que scientifique, a fait aussi de vous un érudit et un lettré, se plaisant à planer dans le passé autant que dans le présent et à le faire voir en maintes circonstances.

Tout cela était bien connu et apprécié de vos Confrères; aussi, en 1917, à la mort de votre Maître, Darboux, ont-ils été unanimes à vous donner sa place de *Secrétaire perpétuel pour les sciences mathématiques*.

L'étendue de vos connaissances et la coquetterie que vous mettez à ne pas les conserver pour vous seul, votre sympathie pour l'histoire des sciences, les généralisations et les vues philosophiques ont pu, dès lors, se manifester sur un champ plus large et accroître ainsi l'étendue des services à rendre, de cette influence, et de cette autorité, auxquelles vous attachez tant de prix.

Cette fonction nouvelle a compliqué votre existence, jusqu'alors indépendante, et où la méditation tenait une grande place. Elle est en effet absorbante et pleine d'exigence; on ne peut s'en rendre compte qu'une fois placé sous son étreinte. Sa partie extérieure, visible, brillante, se manifeste, chaque lundi, dans cette salle et dans trop de Commissions, académiques ou non.

Le devoir de maintenir intactes nos traditions, les soucis de direction, d'administration, des obligations et des responsabilités de tous genres, à la fois impérieuses et délicates, en constituent l'armature profonde et cachée. La machine académique qui, sans bruit, semble marcher toute seule, exige des soins compétents, précis, minutieux et sans arrêt. Sous toutes ses formes, vous remplissez avec conscience et habileté votre rôle, rôle à la fois aidé et compliqué par ce fait qu'il doit être partagé. J'ai plaisir à me féliciter de la continuité de notre longue collaboration et d'une entente qui n'a jamais cessé d'être cordiale et affectueuse.

Votre action ne s'est pas seulement manifestée dans notre Académie et dans une Académie voisine. Un grand nombre de Corps savants étrangers

vous ont depuis longtemps ouvert leurs portes; aussi, quand, en 1919, a été créé, entre les hommes de science des Puissances alliées et des Neutres de la Grande Guerre, le Conseil international des Recherches, et qu'un hommage solennel a été rendu à notre Pays, ce fut par l'intermédiaire de votre personne : à elle fut confiée la présidence, renouvelée à plusieurs reprises.

Mon compliment, au nom de l'Académie des Sciences, étant terminé, je dois, en ma qualité de *doyen des Secrétaires perpétuels de l'Institut,* vous offrir les félicitations et les souhaits de sa Commission administrative centrale et par suite de l'Institut de France tout entier.

Vous y siégez depuis 1910, vous lui avez apporté toutes vos belles qualités et beaucoup de dévoûment. Là, il ne s'agit plus de science, mais d'administration. Vous vous plaisez à entendre et à discuter toutes les affaires, des plus minimes jusqu'aux plus importantes, et vos conseils sont écoutés avec déférence.

Vous vous êtes intéressé d'une façon singulière à la belle fondation du Duc d'Aumale. Pendant de nombreuses années vous avez présidé la Commission spéciale de Chantilly, faisant prèvaloir les solutions de prudence, d'économie et de prévoyance dont, quand sont venus les mauvais jours, la sagesse a été reconnue, ... à l'extérieur, un peu tardivement peut-être.

Mon cher ami,

Nos Confrères, désireux de vous offrir un témoignage d'estime et d'amitié plus tangible et plus durable que des paroles, ont ouvert entre eux une souscription, dirigée par l'excellent organisateur qu'est notre Confrère Villat. Un statuaire de grand talent, M. A. Morlon, s'est chargé de fixer vos traits dans le bronze.

Le beau buste qui se trouve devant vos yeux, et dont je félicite l'auteur, vous rappellera cette séance, en vous prouvant que la confraternité académique n'est pas un vain mot.

Cet objet d'art est destiné à vous seul et aux vôtres. La générosité des souscripteurs l'ayant permis, le même artiste a gravé, avec le même bonheur, cette médaille à votre effigie, que nous vous offrons, mais ce précieux souvenir n'est pas que pour vous, il sera aussi pour nous-mêmes.

Nous avions fait le projet de vous en ménager la surprise, mais, à

l'expérience, il a fallu reconnaître que chercher à faire garder un secret, fût-ce même par des hommes, est une tâche qui dépasse les forces humaines!

Discours de M. **Émile Borel**, *Membre de la Section de Géométrie.*

Mon cher Maître,

Lorsque vous êtes devenu le plus jeune membre de la Section de Géométrie, elle comprenait Charles Hermite, Ossian Bonnet, Camille Jordan, Gaston Darboux, Henri Poincaré; son doyen d'élection, Joseph Bertrand, était devenu Secrétaire perpétuel. Tous nous ont été enlevés, ainsi que la plupart de ceux qui leur avaient succédé, Paul Appell et Édouard Goursat, qui avaient été vos camarades d'École; Georges Humbert, qui était aussi presque votre contemporain, et Paul Painlevé, prématurément disparu, qui avait été l'un de vos premiers élèves et auquel serait normalement revenu l'honneur de prendre la parole aujourd'hui. Je sens tout le poids d'un tel honneur et mesure les difficultés de ma tâche; je ne puis, en effet, m'empêcher de me revoir en ce mois de novembre 1889, où, deux fois par semaine, j'écoutais avec admiration et ferveur vos paroles dans un amphithéâtre de la vieille Sorbonne. C'est bien timidement que je vins vous trouver après votre Cours et essayai de vous exprimer combien vos jeunes camarades de l'École Normale se réjouissaient de votre brillante élection; ils avaient le sentiment naïf de participer quelque peu à l'éclat qui en rejaillissait sur la maison de la rue d'Ulm, où votre passage comme élève et comme Maître de conférences était encore si récent. Appartient-il aujourd'hui à l'élève de parler des travaux de son maître?

Fort heureusement, il n est pas besoin et il ne vous plairait point d'ailleurs, que l'on recherche parmi les épithètes les plus rares et les plus louangeuses, celles qui conviendraient le mieux à votre personne et à votre œuvre; pour vous rendre l'hommage qui vous est dû par la Section de Géométrie, il suffira d'énoncer avec simplicité quelques faits et de rappeler ainsi quelques-unes des raisons pour lesquelles tous les mathématiciens vous placent, d'une voix unanime, à côté des plus grands géomètres des siècles passés. Le plus récent témoignage de ce consentement général a été la remise qui vous fut faite de la Médaille Mittag-Leffler, il y a deux ans, dans cette même salle.

*
* *

Votre premier travail original, thèse de doctorat, date de 1877; c'est un Mémoire de géométrie *sur les surfaces réglées dont les génératrices appartiennent à un complexe linéaire;* l'année suivante paraît votre Mémoire *sur les surfaces algébriques dont les sections planes sont unicursales*, où vous résolvez complètement la question posée en montrant qu'à côté de la solution naturelle fournie par les surfaces réglées unicursales, il y a une autre solution plus cachée et d'ailleurs unique, la surface de Steiner. Ce Mémoire marque la transition entre vos premiers travaux de géométrie et vos recherches sur la difficile et neuve théorie des fonctions algébriques de deux variables. Vous n'avez jamais cessé de poursuivre ces recherches, parallèlement à vos autres travaux, et vous avez renouvelé cette branche de la Science, grâce notamment à l'emploi systématique des intégrales doubles, et surtout des intégrales de différentielles totales qui généralisent les intégrales abéliennes et auxquelles votre nom reste attaché.

Les géomètres italiens qui ont étudié ces mêmes questions, d'un point de vue surtout géométrique, ont témoigné fréquemment du fait que cette théorie fondamentale n'existerait pour ainsi dire pas, si l'on en retranchait les progrès qui vous sont dus. Votre grand *Traité des fonctions algébriques de deux variables* restera longtemps classique; vous l'avez complété dans plusieurs cours de la Faculté des Sciences, dont l'un fut rédigé par un de vos élèves en 1930-1931, *Quelques applications analytiques de la théorie des courbes et surfaces algébriques*; le cycle de vos publications sur les fonctions algébriques de deux variables couvre ainsi plus d'un demi-siècle. Il faudrait y rattacher beaucoup d'autres travaux d'arithmétique et d'algèbre, mentionner tout au moins les fonctions que vous avez nommées hyperfuchsiennes et hyperabéliennes, mais la matière est trop riche, et je dois parler maintenant de vos Mémoires d'analyse, sans avoir la possibilité de les énumérer. J'en détacherai trois théories dont vous avez été le créateur, et qui, fort différentes entre elles, ont cependant ce caractère commun que, inspiré par un point de départ algébrique, vous avez, à trois reprises, créé chaque fois un chapitre de l'analyse entièrement nouveau.

*
* *

En 1879, vous avez découvert la propriété des fonctions entières, célèbre depuis lors sous le nom de *Théorème de Picard*. Au cours des soixante années

écoulées, de nombreux Mémoires sur ce sujet n'ont cessé de paraître dans les Recueils mathématiques de toutes langues; l'exposition des résultats issus de votre théorème exigerait plusieurs volumes. On peut cependant résumer en quelques lignes l'idée essentielle qui, dès vos premières publications, anime tous ces résultats. On sait que les équations algébriques obtenues en égalant à zéro un polynome, ont des solutions en nombre égal au degré de ce polynome. L'extension de ce théorème fondamental de l'algèbre aux fonctions entières, qui sont en quelque sorte des polynomes de degré infini, paraissait impossible puisque, dans ce cas, certaines équations n'ont aucune solution. L'idée que vous avez eue, et qui s'est révélée extraordinairement féconde, est la suivante : pour obtenir la généralisation souhaitée, il suffit d'introduire dans l'énoncé une restriction, visant un cas d'exception possible, dont on pourra affirmer qu'il est unique; ce cas exceptionnel, unique, a été appelé le cas d'exception de M. Picard. Grâce à cette notion du cas exceptionnel, d'innombrables résultats ont été acquis dans l'étude des zéros des fonctions entières; la régularité et l'ordre ont régné dans un domaine où paraissait se manifester l'incohérence la plus complète.

Cette introduction des cas exceptionnels a d'ailleurs été précieuse dans bien d'autres questions et a permis d'obtenir des théorèmes fort importants, bien que leur énoncé comporte une restriction; sans votre théorème on n'aurait sans doute pas songé de longtemps à de tels énoncés.

*
* *

L'emploi de la méthode des approximations successives pour la résolution numérique des équations algébriques était depuis longtemps classique; en appliquant la même méthode aux équations différentielles, puis aux équations aux dérivées partielles, vous avez, ici encore, réalisé une transposition hardie dans le domaine de l'analyse de résultats acquis en algèbre. Ceux-là seuls pourraient estimer insuffisamment la valeur d'une telle transposition, qui ne réfléchiraient pas à la longue période au cours de laquelle cette généralisation aurait pu sembler naturelle à de nombreux mathématiciens, sans qu'aucun d'eux cependant n'ait tenté et réussi ce qui paraît aujourd'hui si simple à ceux qui ont étudié vos Mémoires.

*
* *

Il en est de même pour l'extension de la théorie de Galois aux équations différentielles linéaires; un demi-siècle s'est écoulé entre la publication des travaux immortels de Galois et le Mémoire où vous en donnez cette généralisation inattendue.

Faut-il ajouter que, dans le cas des approximations successives comme dans celui de la théorie de Galois, les voies que vous avez ouvertes ont été suivies par beaucoup de vos élèves et des résultats nouveaux s'ajoutent constamment à ceux que vous avez découverts?

*
* *

La brièveté du temps qui m'est imparti me force à omettre un grand nombre d'importantes publications; je ne pense pas cependant que leur étude modifierait l'impression qui se dégage de celles que j'ai trop rapidement résumées. Lorsque vous quittez le domaine de l'arithmétique et de l'algèbre, c'est-à-dire du fini, pour entrer dans le domaine de l'analyse, c'est-à-dire de l'infini, vous ne perdez jamais le contact avec votre point de départ algébrique. C'est peut-être là le secret de la solidité de vos travaux et de leur durée, dont l'avenir paraît mieux assuré à mesure que le temps s'écoule; les constructions neuves et hardies dont vous fûtes l'architecte et l'ouvrier s'élèvent toutes sur des fondements solides et l'on pourra, pendant des siècles, leur superposer de nouveaux étages.

Doit-on chercher aussi dans cette présence constante, bien que parfois invisible, de l'algèbre, l'origine de ce que l'on serait tenté d'appeler votre philosophie de la science, si nous ne savions que vous n'aimez guère cette expression. La véritable éloquence se moque de l'éloquence; en serait-il de même pour la philosophie? Le sculpteur ne se pose pas de questions anxieuses sur la réalité métaphysique du marbre, qui résiste à son ciseau et se transforme en œuvre d'art. Le savant doit travailler de même, en bon ouvrier, sans se laisser distraire de son labeur quotidien par des inquiétudes philosophiques.

*
* *

Mais je reviens à mon sujet, c'est-à-dire aux mathématiques, car il me reste à accomplir la partie la plus agréable, mais aussi la plus difficile de

ma tâche : vous exprimer la reconnaissance de tous vos élèves. Parmi eux, il faut compter, à de bien rares exceptions près, tous les mathématiciens de tous les pays, dont beaucoup suivirent vos cours, tandis que les autres furent les élèves de vos élèves, ou les lecteurs de votre célèbre *Traité d'analyse* où l'on retrouve une des plus brillantes périodes de votre enseignement; il faut y compter aussi beaucoup de savants qui ne sont pas mathématiciens et qui, grâce à vous, peuvent plus efficacement se servir des mathématiques. Même si je bornais mon ambition à parler au nom des seuls mathématiciens, pour que les remercîments qui vous sont dus aient leur pleine signification, il faudrait qu'ils s'inspirent de toutes les idées neuves et de toutes les découvertes suggérées par votre enseignement et par vos travaux, et ceci supposerait une connaissance presque totale de l'ensemble de la science mathématique, connaissance que je suis bien loin de posséder. Je dois donc me borner à évoquer ces disciples innombrables, répandus dans le monde entier, dont les pensées d'admiration et de gratitude se tourneront vers vous lorsque les ondes hertziennes leur apporteront les échos de cette cérémonie.

Je voudrais, en terminant, rappeler un témoignage de l'attachement et de la reconnaissance de vos élèves. Lorsque vous avez fait votre dernier cours à la Faculté des sciences, tous ceux d'entre eux qui étaient présents à Paris, et notamment tous les membres actuels de la Section de Géométrie, ont tenu à y assister. Ils se sont sentis rajeunis en vous retrouvant tel qu'ils vous avaient connu, bien des années auparavant, lorsque chacun d'eux goûtait la joie incomparable d'être initié à la science qu'on a choisie par un maître dont la parole élégante vous élève, presque sans effort, jusque vers les sommets d'où l'on découvre les lointaines perspectives de régions encore inexplorées.

Tous vos auditeurs ont pensé ce jour-là et ils pensent encore, chaque fois qu'ils vous écoutent, que, s'il était possible de régler la délicate question des limites d'âge et des retraites au moyen de décisions individuelles, inspirées par le seul souci de l'intérêt public, vous pourriez et vous devriez, pendant de nombreuses années encore, continuer votre enseignement à la Faculté des Sciences, pour le plus grand bien de notre jeunesse, et pour le rayonnement universel de la science française.

Discours de M. **Maurice de Broglie**, *de l'Académie Française, Membre de l'Académie des Sciences.*

Mon cher et vénéré Confrère,

L'Académie Francaise est heureuse de s'associer à l'hommage que les membres de l'Académie des Sciences viennent rendre en ce jour à leur doyen d'élection, à leur Secrétaire perpétuel pour les sciences mathématiques, au très éminent géomètre dont le nom honore l'Institut tout entier.

Vous faites partie de l'Académie Française depuis 1924 ; un assez grand nombre de membres de l'Académie des Sciences vous avaient précédé dans cette Compagnie et, parmi eux, beaucoup de noms illustres viennent entourer le vôtre : D'Alembert et Maupertuis, Buffon et Cuvier, Laplace, Fourier, Flourens, Claude Bernard, Biot, J.-B. Dumas, Marcelin Berthelot et Pasteur, Joseph Bertrand et Henri Poincaré, pour ne citer que les plus grands. Vous êtes le huitième Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences dans la liste glorieuse qui, de Fontenelle à Berthelot, perpétue une longue tradition d'union entre les deux classes de l'Institut également fières aujourd'hui de vous compter parmi leurs représentants.

L'œuvre mathématique qui a ouvert à 33 ans à M. Émile Picard les portes de la Section de Géométrie de l'Académie des Sciences, en rendant célèbre dans le monde entier un nom que la postérité n'oubliera pas, vient d'être retracée par M. Émile Borel, avec toute l'autorité qui convenait à cette tâche. Les ouvrages de philosophie des sciences, les vies de savants, les exposés si remarquables et si nombreux où M. Émile Picard a su réunir les plus brillantes qualités du style à la profondeur des pensées, comme aux jugements les plus sûrs, font preuve d'une activité d'esprit d'une ampleur exceptionnelle.

M. Picard s'est beaucoup occupé des théories de la physique depuis les plus anciennes jusqu'à celles, d'un caractère si différent, qui ont ouvert à la science contemporaine des horizons parfois un peu déconcertants; son regard pénétrant, que les années n'ont pas affaibli, en aperçoit les beautés comme les fissures avec une hauteur de vues vraiment admirable.

Au cours des séances, consacrées par l'Académie Française à la rédaction de son Dictionnaire, il se présente inopinément des termes spéciaux qui appartiennent à tous les domaines de la science; les regards de ses Confrères

se tournent alors vers la place occupée par M. Émile Picard et chacun se tait pour écouter les définitions exactes et concises qu'il sait apporter aussitôt, même pour des branches du savoir très éloignées des mathématiques pures. Là, comme ailleurs, il sait tout, comprend tout et porte en tous points la lumière et la sagesse d'une vie tout entière consacrée à la méditation des problèmes de la connaissance.

En passant d'une salle du Palais de l'Institut à la voisine, la voix de M. Émile Picard trouve, auprès de ceux qui l'entendent, la même audience et la même autorité, qui témoignent de la culture universelle de l'un des plus grands esprits de ce temps.

Discours de M. **Émile Picard**.

Je suis très touché, mes chers Confrères, de l'honneur que me font les membres de l'Institut de France en fêtant le cinquantenaire de mon élection à l'Académie des Sciences, et je vous remercie, mon cher Président, des sentiments que vous m'exprimez au nom de cette Académie.

Permettez-moi de reporter un instant ma pensée sur les membres de la Section de Géométrie, telle qu'elle était en juin 1889 après la mort de Halphen, dont la place devenait vacante. Ses membres étaient alors Charles Hermite, Ossian Bonnet, Camille Jordan, Gaston Darboux et Henri Poincaré. Le doyen de la Section était Charles Hermite qu'avaient rendu célèbre ses travaux sur les fonctions abéliennes et sur les formes algébriques, ainsi que ses profondes recherches sur la théorie des nombres, où il avait introduit le continu dans le domaine du discontinu. Les travaux d'Ossian Bonnet avaient porté surtout sur des questions de géométrie générale et sur la théorie des surfaces applicables. On lui doit aussi de remarquables Mémoires sur quelques développements en séries, en particulier les séries trigonométriques et les séries de fonctions de Laplace. Camille Jordan avait poussé jusqu'à leur dernier terme l'étude des questions posées par les travaux d'Evariste Galois, en énumérant toutes les circonstances que peut présenter la résolution des équations algébriques. Jordan nous apparaît encore dans ses études sur les groupes de mouvements comme un précurseur de la théorie des groupes de transformations, qui tiennent une grande place dans les mathématiques de notre temps. Précurseur, il le fut aussi dans la géométrie de situation et dans la théorie des fonctions de variables réelles. Gaston Darboux, à une époque où les

méthodes de l'analyse mathématique et celles de la géométrie étaient par quelques-uns opposées les unes aux autres, a montré par son œuvre l'inanité de telles distinctions. Il pensait, comme Monge, le rénovateur de la géométrie moderne, que l'alliance de l'Analyse et de la Géométrie est utile et féconde, et dans des ouvrages d'une rare perfection il sut utiliser à la fois les raisonnements géométriques et les ressources de l'Analyse mathématique. Les mathématiciens, dans leurs spéculations théoriques, sont des artistes et des poètes dans le monde des nombres et dans celui des formes sans qu'il y ait à faire de réelles distinctions. Henri Poincaré était le dernier élu dans la Section de géométrie. Peu de mathématiciens eurent comme lui le talent de faire rendre à l'esprit mathématique tout ce qu'il était à chaque instant capable de donner, et l'on admire la maîtrise avec laquelle il savait créer l'outil le mieux approprié aux questions qu'il étudiait. Il ne resta étranger à aucune des sciences parvenues à un stade assez avancé pour être susceptible de prendre, au moins dans quelques-unes de leurs parties, la forme mathématique, et il a été aussi un critique pénétrant des théories de la Physique.

Les cadres de l'Académie des sciences ont peu varié depuis 50 ans. Même, dans ses grandes lignes, l'arrêté du 3 Pluviôse an XI (1803) nous régit encore. Notre Académie est toujours partagée en deux grands groupes divisés en sections, sciences mathématiques et sciences physiques. On peut même remarquer, ce qui étonne quelquefois, que la Section de Physique appartient à la division des sciences mathématiques. Nous avons rappelé tout à l'heure qu'il est des sciences à un stade assez avancé pour prendre une forme mathématique dans le développement de quelques-unes de leurs théories. C'est probablement cette idée qui guida les organisateurs de l'an III, et elle n'a pas perdu aujourd'hui même son intérêt. Rappelons-nous aussi que la valeur des classifications et des règlements dépend de l'esprit dans lequel on les applique. La Section de Géométrie a compté souvent très peu de géomètres au sens étroit du mot; de même, notre Section de Minéralogie, malgré son libellé, a compté de nombreux géologues. Nos Sections, depuis longtemps déjà, ne prennent plus au sens étroit le vocable qui les désigne.

Messieurs, on a rappelé souvent que la science a un caractère essentiellement collectif. L'évolution des idées y est lente en général, et longuement préparée; c'est ce qui rend souvent l'histoire des sciences difficile à écrire, quand on veut retrouver la première trace d'une idée appelée à un grand avenir. La science est l'œuvre de générations de chercheurs, dont la plus

haute récompense, comme disait un jour Pasteur, est de créer un mouvement par lequel ils sont eux-mêmes dépassés.

Il y a cependant de loin en loin des époques où des voies inattendues s'ouvrent à la recherche scientifique, soit par l'introduction de points de vue essentiellement nouveaux, soit par la découverte de faits nouveaux de grande importance, époques où l'on pourrait parler de révolutions brusques. C'est ce qui s'est produit dans les 50 dernières années, comme le montrent quelques exemples empruntés à la Mécanique et à la Physique.

La Mécanique classique considérait la masse comme un élément invariable. Une Mécanique plus générale professe aujourd'hui que la masse varie avec la vitesse; de plus, la variation de la masse et celle de l'énergie sont liées par une relation où figure la vitesse de la lumière, résultat bien singulier pour ceux qui considéraient la matière et l'énergie comme deux entités distinctes.

La découverte de la radioactivité est venue aussi troubler nos idées sur l'inertie de la matière, telle que l'envisageait la Mécanique classique. On découvrit en effet, en 1896 et dans les années suivantes, que quelques corps émettent divers rayonnements par suite de leur décomposition *spontanée*. Antérieurement, en 1895, avaient été découverts les rayons X, résultant de la rencontre des rayons cathodiques avec une substance matérielle. Après quelques hésitations, il fut établi que les rayons X sont des radiations du type de la lumière avec des longueurs d'onde extrêmement petites. On reconnut bientôt que parmi les rayonnements du radium, deux d'entre eux portent des charges électriques, le troisième étant de la nature des rayons X avec une énorme puissance de pénétration.

Toutes ces découvertes mettaient entre les mains des physiciens et des chimistes des armes nouvelles d'une grande puissance. Entre temps, s'était développée une théorie de l'atome regardé comme formé d'un noyau à charge positive autour duquel circulaient des électrons négatifs. Les rayonnements obtenus formèrent une artillerie avec laquelle on chercha avec succès à démolir l'atome et à obtenir des transmutations de matière, réalisant le rêve des anciens alchimistes. Chose plus étrange encore, il est possible de transformer la matière en radiations, et les radiations en matière.

Une doctrine nouvelle, celle des *Quanta*, est venue aussi apporter un trouble profond dans la Physique. D'après elle, dans tout phénomène périodique, le quotient de l'énergie par la fréquence est multiple d'une certaine constante universelle. On peut en déduire diverses conséquences

d'un grand intérêt philosophique. En particulier, la critique des instruments employés pour mesurer les phénomènes montre comment ces mesures peuvent troubler ceux-ci, et cette conclusion impose une limite à notre connaissance du monde, connaissance que borne en quelque sorte la constante universelle indiquée plus haut, qui est heureusement extrêmement petite. En même temps se sont trouvées soulevées des questions relatives au déterminisme et au principe de causalité.

Depuis trois siècles, les mathématiques jouent un rôle important dans les théories que construisent les physiciens, et pendant longtemps on a cru saisir la réalité des choses dans une théorie physique. Or il arrive, que, dans un même chapitre de la science, une théorie explique mieux certains phénomènes, tandis que d'autres phénomènes seront mieux expliqués par une autre théorie. C'est ce qui arriva par exemple en Optique avec la théorie de l'émission et celle des ondulations. On en tira la conclusion qu'une théorie n'est qu'un moule, analytique ou géométrique, utile et fécond pour la représentation d'une catégorie de phénomènes. Ne pourrait-on pas cependant tenter parfois une conciliation entre deux théories différentes, quoique Vauvenargues ait écrit : « Il est plus aisé de dire des choses nouvelles que de concilier celles qui ont été dites ». Or, n'en déplaise à l'auteur des *Maximes*, la conciliation entre la théorie de l'émission et celle des ondulations s'est faite d'une manière remarquable avec la *Mécanique ondulatoire*. C'est encore là un exemple des découvertes mémorables faites récemment, où l'on voit la Mathématique et la Physique s'associer dans une belle harmonie.

Mais je dois m'arrêter. Que de notions nouvelles ont depuis 50 ans transformé certaines parties de la science. Je souhaite à nos Confrères de voir pendant leur vie académique autant de progrès scientifiques que ceux réalisés depuis un demi-siècle. On a dit parfois avec quelque scepticisme que dans la science le mystère recule toujours à mesure que la recherche se fait plus pénétrante; peut-être, en effet, comme l'ont pensé d'éminents philosophes, restera-t-il toujours pour l'homme quelque irrationnel dans la nature. Mais on a dit aussi avec raison : « C'est parce que la science n'est sûre de rien qu'elle avance toujours ».

Mon cher Lacroix, vous venez d'évoquer le souvenir de notre collaboration depuis vingt-deux ans, comme Secrétaires perpétuels de l'Académie des Sciences. Le travail avec vous est facile. En même temps qu'un savant dont l'autorité en Minéralogie et dans l'étude des volcans est universellement reconnue, vous êtes aussi un administrateur joignant la prudence à une

hardiesse qui vous a conduit à d'utiles créations. Le salut de notre Commission administrative centrale que vous m'apportez me touche profondément. Cette Commission joue un rôle important dans cette maison. La bonne volonté de ses membres aplanit sans peine les difficultés pouvant se rencontrer dans un organisme qui doit respecter l'indépendance de chaque Académie et veiller en même temps aux intérêts de l'Institut dont il a la charge.

Mon cher Borel, je vous remercie du souvenir affectueux que vous m'apportez de la part des Membres de la Section de Géométrie; ils ont suivi jadis mes Cours à la Sorbonne, et veulent bien se dire mes élèves, quoiqu'ils aient été beaucoup plus loin que moi dans des questions où je n'avais fait que les premiers pas. Vos beaux travaux sur la théorie des fonctions contiennent des résultats de haute importance et ont eu de grands prolongements; je n'en rappellerai qu'un seul : dans la théorie des fonctions de variables complexes, c'est le fait d'être *monogène* et non celui d'être *analytique* qui joue le rôle essentiel. J'ai indiqué tout à l'heure la valeur des travaux de la Section de Géométrie de 1889. Ceux de la Section de 1939 sont dignes de leurs aînés, et l'École Mathématique française continue à honorer grandement notre pays.

Cher Monsieur de Broglie, je suis très sensible aux souhaits que vous m'apportez de la part de l'Académie française. Que de choses j'apprends dans nos réunions du jeudi, et tout d'abord à donner de bonnes définitions, ce qui est un art difficile. Vous conservez comme moi le souvenir des intéressantes conversations et des échanges d'idées auxquels donne lieu le travail du Dictionnaire. Nous nous efforçons aussi parfois d'introduire dans cette révision de nouveaux termes scientifiques. Il y faut de la prudence, car on doit éviter les termes techniques qui ne seraient pas à leur place dans un dictionnaire d'usage, mais je ne prétends pas que la limite entre le scientifique et le technique soit toujours facile à trouver.

Je dois enfin exprimer toute ma reconnaissance à mon Confrère et ami Henri Villat qui a bien voulu s'intéresser à ce jubilé et en organiser la partie artistique avec le sculpteur M. Morlon. Le buste et la médaille qui me sont offerts par mes Confrères de l'Institut de France témoignent du beau talent de cet artiste; ils seront pour moi un précieux souvenir de la cérémonie à laquelle nous a conviés l'Académie des Sciences.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des Fêtes de Noël et de la Nouvelle année, les prochaines séances ordinaires auront lieu les mercredi 27 décembre et 3 janvier au lieu des lundi 25 et 1er.

SPECTROSCOPIE. — *Application à des molécules intéressantes de l'analyse nouvelle des spectres moléculaires. Relation simple entre les fréquences d'une même molécule à l'état gazeux et à l'état liquide.* Note (¹) de M. **Henri Deslandres**.

La Note actuelle est la suite de trois Notes présentées sous le même titre les 2 novembre et 27 décembre 1938 et le 23 octobre 1939. Elle prolonge tout particulièrement la 3e Note, en ajoutant au titre primitif : Relation simple entre les fréquences d'une même molécule à l'état gazeux et à l'état liquide.

Dans la 3e Note, avec la formule (1) $\nu = qd_1/s'r'$, j'ai analysé les fréquences de composés similaires de l'hydrogène H et du deutérium D qui sont les molécules PH^3 et PD^3, H^2, HD et D^2, C^6H^6 et C^6D^6 (²). On analyse la fréquence en recherchant les nombres s', r' et q, qui, portés dans la formule (1), reproduisent la fréquence avec un résidu très faible. Or les nombres s' ainsi déterminés sont les mêmes pour les deux composés similaires de H et de D, les nombres r' et q étant seuls différents, et ces nombres s' se retrouvent dans la liste *Act*, qui est déduite immédiatement de la formule chimique des composés, et présente les nombres d'électrons activés successivement par anneaux et sous-anneaux à partir de l'extérieur dans les deux parties de la molécule. Il en résulte une confirmation

(¹) Séance du 4 décembre 1939.

(²) Je rappelle que ν est une fréquence de la molécule, d_1 étant la constante universelle 1062,5, s' étant le nombre des électrons activés dans un atome ou groupe d'atomes de la molécule, r' et q étant des nombres entiers. En général la molécule se divise en deux parties qui s'activent mutuellement et doivent émettre des fréquences égales ou très peu différentes.

nouvelle de la formule (1) et de son lien avec les divisions naturelles des électrons dans l'atome.

La même Note signale un autre fait curieux : la fréquence de PH^3 gaz est égale à $131 d_1/15 \times 4$ et la fréquence un peu inférieure de PH^3 liquide à $130 d_1/15 \times 4$, 15 étant un nombre s' commun à P3a. et $PH^2$2a. De même, les fréquences de PD^3 gaz et PD^3 liquide sont égales aux harmoniques 122 et 121 de $d_1/7 \times 10$. A noter cependant que ce rapprochement est valable seulement lorsque les mesures des fréquences ont une précision suffisante. Avec les deux molécules précédentes, il y a cette garantie que les mesures ont été faites par les mêmes personnes avec les mêmes instruments.

J'ai recherché si d'autres molécules offrent les mêmes particularités. Les molécules pour lesquelles les fréquences du gaz et du liquide ont été mesurées sont assez nombreuses; en général, la fréquence du liquide est un peu inférieure à celle du gaz, et la fréquence du solide un peu inférieure à celle du liquide; mais il semble qu'il y a des cas, assez rares d'ailleurs, où la variation est en sens inverse, comme avec la molécule du soufre, examinée ci-dessous. La différence est faible et souvent trop faible pour permettre un examen utile, car alors les erreurs inévitables des mesures apportent une gêne trop grande. J'ai écarté les molécules pour lesquelles la différence est inférieure à 8 cm^{-1} et celles dont toutes les mesures n'ont pas été faites dans des conditions identiques.

Parmi les molécules retenues, je citerai les molécules SiH^4, S^2, NH^3, ClH et ClD, C^2H^2 et C^2D^2, dont je présente aujourd'hui l'analyse, résumée dans le tableau XX ci-contre ([3]).

La molécule SiH^4 est fort intéressante; la fréquence principale du gaz est un multiple de $d_1/17$, avec le résidu le plus faible, et le nombre s' 17 correspond à l'arrangement des atomes $SiH^3 — H$, qui s'annonce comme le plus fréquent.

La différence avec la fréquence principale du liquide est 12 cm^{-1}, et 12 est égal à $d_1/17 \times 5 - 0{,}5$. Les deux fréquences sont ainsi les multiples n°s 175 et 174 d'une même fréquence élémentaire qui est elle-même

([3]) Les fréquences du tableau sont extraites des deux Ouvrages de Magat de 1935 et 1937 et des Mémoires suivants : Si H^4 par Still et Yost (*J. Chem. Phys.*, 4, 1936, p. 82); S^2 par Venkateswaran (*Proc. Indian Akad.*, 3, 1936, p. 25); NH^3 par Lewis et Houston (*Phys. Rev.*, 44, 1933, p. 903); ClH par Salent et Sandow (*Phys. Rev.*, 37, 1931, p. 371); C^2H^2 par Glocker et Davis (*J. Chem. Phys.*, 4, 1936, p. 15).

Tableau XX. — *Analyse de fréquences infrarouges de molécules.*

Liste *Act.* — Nombres s' d'électrons des anneaux (a.), et sous-anneaux (a'.) activables dans les atomes et groupes d'atomes des molécules SiH^4, S^2, NH^3, ClH et ClD, C^2H^2 et C^2D^2.

	SiH^4.			S^2.	NH^3.				ClH et ClD.	C^2H^2 et C^2D^2.				
	Si.	H^4.	SiH^3.	S.	N.	NH^2.	N^2H^5.	N^3H^8.	Cl.	CH.	C^2H.	C^2H^2.	C^4H^3.	
1 a'.	*2*		*5*	*4*	*3*	*5*	*11*	*17*	*5*	*3*	*5*	*6*	*11*	*1* a'.
1 a.	*4*	*4*	*7*	*6*	*5*	*7*	*15*	*23*	*7*	*5*	*9*	*10*	*19*	*1* a.
2 a'.	*10*		*13*	*12*					*13*					*2* a'.
2 a.	*12*		*15*	*14*	*7*	*9*	*19*	*29*	*15*	*7*	*13*	*14*	*27*	*2* a.
3 a.	*14*		*17*	*16*					*17*					*3* a.

Molécule et mode d'excitation.	Intensité entre ( ) et fréquence de la radiation en cm^{-1}.	Multiple correspondant de $d_1/s'r'$ et résidu.		Nombre s' d'électrons activés dans l'atome ou groupe d'atomes et nombre des anneaux activés.
SiH^4 gaz Raman........	$\nu = (4,8)\ 2187$	$= 175\, d_1/17 \times 5$	$-0,5$	17 de SiH^3 3 a.
SiH^4 liquide Raman....	$\nu = (7,8)\ 2175$	$= 174\, d_1/17 \times 5$	$-0,0$	id.
SiH^4 gaz Raman........ 18 élect. 2 fréq.	$\nu =\ 2187$	$= 35\, d_1/17$	$-0,5$	id.
		$33\, d_1/4 \times 4$	$-4,4$	4 de Si 1 a. et de H^4.
		$68\, d_1/11 \times 3$	$-2,4$	11 de Si^- 2 a'. et 3 de H^{4+} ou 11 de SiH 2 a'.
		$72\, d_1/5 \times 7$	$+1,3$	5 de SiH^3 1 a'. et 7 de SiH^3 1 a.
		$103\, d_1/10 \times 5$	$-1,7$	10 de Si 2 a'.
		$107\, d_1/13 \times 4$	$+0,7$	13 de SiH^3 2 a'.
SiH^4 liquide Raman.... 2 fréquences.	$\nu =\ 2175$	$= 43\, d_1/7 \times 3$	$-0,6$	7 de SiH^3 1 a.
		$45\, d_1/11 \times 2$	$+1,7$	11 de SiH 2 a'.
		$82\, d_1/10 \times 4$	$-3,0$	10 de Si 2 a'.
		$92\, d_1/15 \times 3$	$+2,8$	15 de SiH^3 2 a.
		$133\, d_1/13 \times 5$	$+1,0$	13 de SiH^3 2 a'.
S cristal rhombe........	$\nu = (5)\ 88$	$= 10\, d_1/12 \times 10$	$-0,6$	12 de S^2 1 a. où 48 de S^8 1 a.
S liquide Raman........	$\nu = (2)\ 80$	$= 9\, d_1/12 \times 10$	$+0,3$	id. ou 24 de S^4 1 a.
NH^3 gaz Raman........ 10 élect. 5 fréq.	$\nu = (5)\ 3334,1$	$= 88\, d_1/7 \times 4$	$-5,2$	7 de N 2 a. et de NH^2 1 a.
		$91\, d_1/29$	$+0,0$	29 de N^3H^8 2 a.
		$179\, d_1/19 \times 3$	$-1,9$	19 de N^2H^5 2 a.
NH^3 liquide Raman..... 6 fréquences.	$\nu = (5)\ 3300$	$= 87\, d_1/7 \times 4$	$-1,0$	7 de N 2 a. et de NH^2 1 a.
		$90\, d_1/29$	$+2,6$	29 de N^3H^8 2 a.
		$177\, d_1/19 \times 3$	$+0,6$	19 de N^2H^5 2 a.
	$\nu = (4)\ 3480$	$= 95\, d_1/29$	$-0,6$	29 de N^3H^8 2 a.
ClH gaz Raman........ 18 élect. 1 fréq.	$\nu =\ 2885,5$	$= 19\, d_1/7$	$+1,6$	7 de Cl 1 a.
		$171\, d_1/7 \times 9$	$+1,6$	id.
ClH liquide Raman.....	$\nu =\ 2800$	$= 166\, d_1/7 \times 9$	$+0,4$	id.
ClD liquide Raman.....	$\nu =\ 2041$	$= 121\, d_1/7 \times 9$	$+0,4$	id.
C^2H^2 gaz Raman........ 14 élect. 5 fréq.	$\nu = (10)\ 1973,8$	$= 13\, d_1/7$	$+0,6$	7 de CH 2 a.
		$130\, d_1/7 \times 10$	$+0,6$	7 de CH 2 a. et 10 de C^2H^2 1 a.
C^2H^2 liquide Raman.... 14 élect. 6 fréq.	$\nu = (10)\ 1959$	$= 129\, d_1/7 \times 10$	$+1,0$	id.
C^2D^2 liquide Raman....	$\nu = (6)\ 1761$	$= 116\, d_1/7 \times 10$	$+0,3$	id.
C^2H^2 gaz Raman........	$\nu = (3)\ 3373,7$	$= 181\, d_1/19 \times 3$	$-0,2$	19 de C^4H^3 1 a.
C^2H^2 liquide Raman....	$\nu = (5)\ 3336,8$	$= 179\, d_1/19 \times 3$	$+0,2$	id.
C^2H^2 gaz Raman........	$\nu = (1)\ 643,0$	$= 46\, d_1/19 \times 4$	$-0,1$	id.
C^2H^2 liquide Raman....	$\nu = (5)\ 630,7$	$= 45\, d_1/19 \times 4$	$+1,6$	id.

un sous-multiple de $d_1/17$. Cette relation est semblable à celle déjà reconnue dans les molécules PH^3 et PD^3; elle est aussi à rapprocher des résultats déjà publiés sur la vapeur d'eau et l'eau liquide, dont le spectre mesuré est le plus complet et le plus étendu de tous ceux relevés jusqu'ici, surtout dans l'infrarouge lointain ([4]).

Le tableau donne l'analyse complète de ces deux fréquences principales de SiH^4. Les nombres s' tirés de cette analyse se retrouvent dans la liste *Act* des nombres d'électrons activables, liste déduite de la formule chimique de la molécule. Or, et c'est un point sur lequel il convient d'insister, malgré la faible différence des deux fréquences, les nombres s' du gaz se retrouvent aussi dans la fréquence du liquide, mais accolés à des nombres r' et q différents. Les autres molécules du tableau, dont l'analyse complète n'est pas insérée, offrent la même permanence de ces nombres. En fait, ces nombres s', liés étroitement aux anneaux et sous-anneaux des atomes, interviennent dans toutes les phases, dans tous les états de la molécule, et leur importance est grande.

Le tableau présente ensuite une fréquence du soufre cristallisé rhomboïdal et la fréquence correspondante du soufre liquide. La première est un multiple de $d_1/12$, et 12 est le nombre d'électrons des deux premiers anneaux de l'atome. D'après l'étude avec les rayons X, le cristal serait la molécule S^{16}, et le liquide la molécule S^8, ce qui peut s'accorder avec l'analyse.

Les deux fréquences principales de NH^3 gaz et liquide sont analysées ensuite; la première est un multiple de $d_1/7$; et les deux sont des multiples de $d_1/7 \times 4$, 7 étant un nombre s' commun à N et au radical NH^2. Les deux fréquences sont aussi des multiples de $d_1/19 \times 3$ et $d_1/29$, 19 et 29 étant les nombres d'électrons des radicaux rattachés au dimère et au trimère de la molécule, et comme une 2e fréquence du liquide est aussi un multiple de $d_1/29$, on peut en inférer que le trimère prédomine dans le liquide.

Avec les deux autres molécules du tableau ClH et C^2H^2, les fréquences du gaz et du liquide offrent les mêmes particularités. On a pu leur adjoindre la fréquence du composé correspondant du deutérium à l'état liquide. Or

---

([4]) Se reporter à la Note des *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1424, consacrée au spectre infrarouge de l'eau. Le nombre s' 17 du radical SiH^3 peut intervenir dans les spectres de rotation et de vibration de la même manière que les nombres s' 7 et 9 du radical OH dans le spectre de l'eau. La même remarque s'applique aux nombres s' 19 et 29 de NH^3 et C^2H^2.

les trois fréquences sont les multiples d'une même fréquence élémentaire. De plus la molécule C^2H^2 offre trois groupes de fréquences gaz et liquide, et à chaque groupe est attachée une fréquence élémentaire différente. Si les conditions sont les mêmes qu'avec l'eau ordinaire OH^2, toutes ces fréquences élémentaires doivent se retrouver comme fréquences de rotation dans l'infrarouge lointain.

La relation simple reconnue entre les fréquences du gaz et du liquide avec les deux composés du phosphore se retrouve dans les cinq autres molécules du tableau; même elle a été étendue à plusieurs fréquences de la même molécule et à plusieurs nombres s' de la même fréquence. De plus l'analyse révèle des polymères qui sont plus nombreux dans le liquide. Il reste à rechercher pourquoi la fréquence du liquide est un peu inférieure à celle du gaz, pourquoi les fréquences élémentaires sont différentes dans une même molécule et quelles sont les conséquences à tirer de ces faits sur l'état de la molécule du liquide. Ces points importants seront discutés dans une Note ultérieure (5).

CORRESPONDANCE.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Tourbillons électroconvectifs instantanés dans une couche d'air chargée de fumée de tabac.* Note de M. **Douchan Avsec**, présentée par M. Henri Villat.

Lors de mes études sur les tourbillons thermoconvectifs dans l'air en vue d'applications météorologiques (1), j'avais pensé que l'électricité doit aussi jouer un rôle dans la formation des mouvements tourbillonnaires. Cette idée a été l'origine d'expériences que j'ai faites ultérieurement en collaboration avec M. M. Luntz, et par lesquelles nous avons démontré qu'un champ électrique suffisamment intense peut provoquer dans une couche fluide des *tourbillons électroconvectifs* (2), semblables aux tour-

(5) La plupart des fréquences du tableau sont des nombres entiers sans partie décimale. Cette étude sera reprise lorsque les fréquences seront mesurées avec une précision plus grande.

(1) *Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air*, n° 155, 1939.

(2) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1140; 204, 1937, p. 420 et 757.

billons thermoconvectifs. Les résultats ne furent nets que dans les liquides isolants. J'ai repris en 1938-39 les mêmes expériences dans les gaz; grâce à un dispositif expérimental perfectionné, j'ai pu produire dans une couche d'air chargée de fumée de tabac de belles formations tourbillonnaires de durée relativement courte [tourbillons électroconvectifs instantanés ([3])].

La chambre d'expériences, entièrement en glaces, a la forme d'un canal de 110^{cm} de longueur, de 45^{cm} de largeur et de 2 à 6^{cm} de hauteur. Ce canal est prolongé d'un côté par un autre canal en bois; ainsi on peut à volonté expérimenter dans l'air au repos, ou bien dans l'air en mouvement de translation.

Dans la première Note, je décrirai seulement le développement des tourbillons cellulaires *instantanés* dans une couche *au repos*.

On introduit dans la chambre d'expériences, dont la sortie est hermétiquement fermée, de la fumée de tabac. La fumée blanche et épaisse couvre le fond entier du canal, en constituant une couche de 3 à 5^{mm} d'épaisseur nettement séparée de la couche d'air supérieure. Si l'on produit un champ électrostatique, qui dans les gaz peut descendre à 1000 volt/cm, un mouvement organisé s'amorce dans la couche de fumée. La figure 1 représente schématiquement quelques phases caractéristiques du phénomène.

Première phase. — On observe à la surface de la couche de fumée l'apparition spontanée de cavités; au fur et à mesure qu'elles s'approfondissent, la fumée s'accumule en crêtes aiguës; la formation vue d'en haut donne alors l'impression d'un filet à mailles polygonales.

Deuxième phase. — De chaque nœud du filet surgit un jet vertical; si le champ électrique est suffisamment intense, ces jets se heurtent contre le plafond du canal, sinon, ils s'arrêtent à une hauteur inférieure et commencent à former des calottes hémisphériques à pôle supérieur; le jet et la calotte forment un *parapluie*.

Troisième phase. — L'ascension de fumée continue jusqu'au moment où toute la fumée accumulée dans le réseau polygonal est passée dans les *parapluies;* quand les calottes de ces derniers se heurtent, la fumée qu'elles contiennent est rejetée vers le bas, tant sous la poussée de la fumée des jets ascendants qu'à cause de sa propre inertie.

Quatrième phase. — La fumée se mélange progressivement avec l'air; le mouvement initialement organisé en cellules polygonales s'amortit; bientôt toute la masse paraît être uniformément opaque, sans caractère d'une structure cellulaire et sans aucune trace d'un mouvement tourbillonnaire organisé.

Si l'épaisseur de la couche de fumée est au moins de $1/10^e$ de la hauteur

([3]) *Comptes rendus*, **209**, 1939, p. 750.

de la chambre d'expériences, la structure réticulaire provoquée par le champ électrique est assez régulière. Elle l'est moins pour des épaisseurs infé-

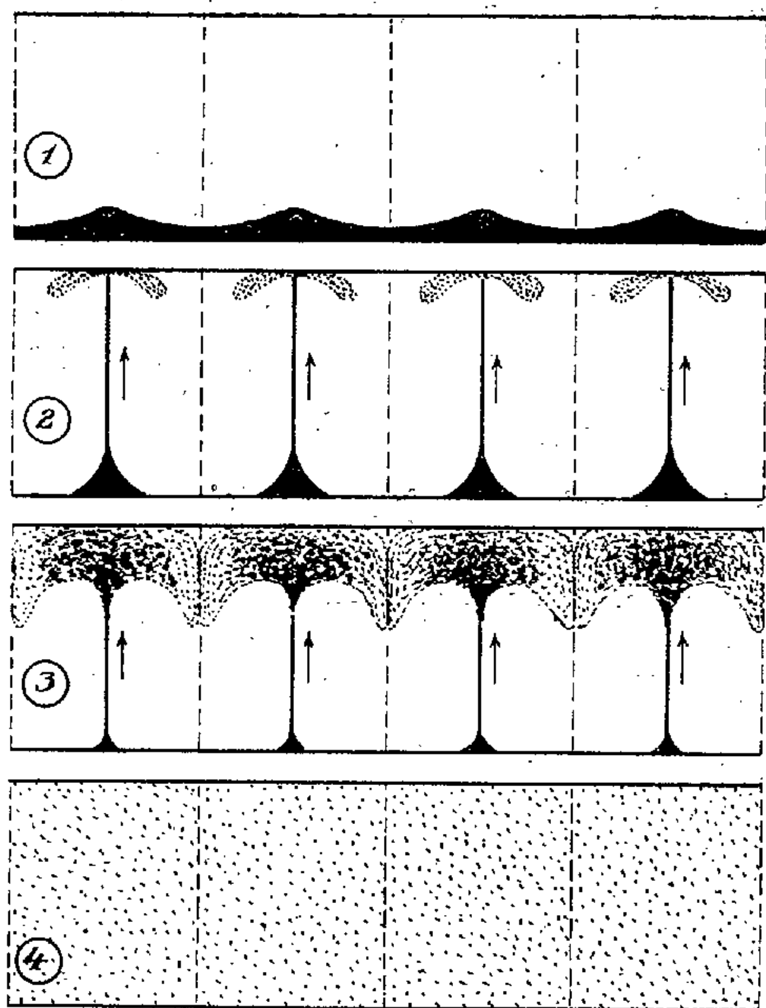


Fig. 1.

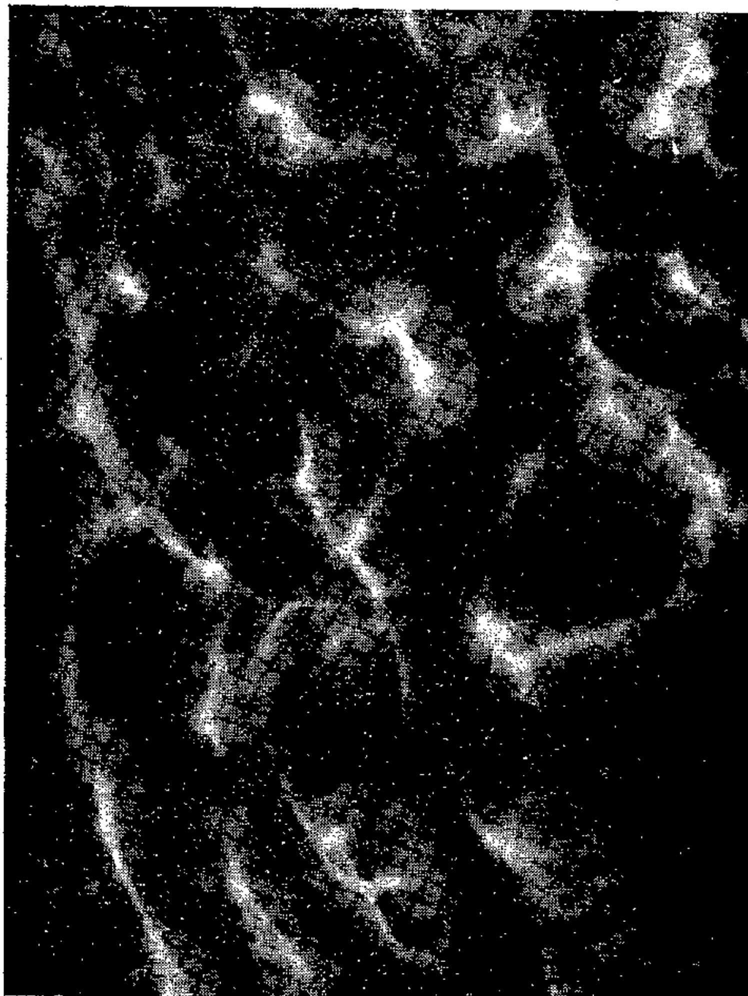


Fig. 2.

rieures. Cependant l'emploi des couches minces est très avantageux pour la photographie des calottes de fumée fine qui se développent au-dessus des jets verticaux (3e phase); en effet, la fumée blanche qui au début occupait la face inférieure de la chambre d'expériences est vite épuisée; cette face forme alors un fond noir sur lequel le voile de fumée fine constituant les calottes donne d'excellents contrastes lumineux.

La figure 2, photographiée lors d'une expérience où l'épaisseur de la couche de fumée était de 2^{mm} et celle du canal de 60^{mm}, reproduit de telles calottes en état de croissance (la largeur de la figure est égale à 115^{mm}).

MAGNÉTOOPTIQUE. — *Étude magnétooptique de la neutralisation.* Note (1) de MM. **Fernand Gallais** et **Daniel Voigt**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les différentes méthodes physiques qui ont été utilisées pour suivre la réaction des acides et des bases ont apporté une telle contribution à la connaissance de la neutralisation et de la constitution même des acides et des bases qu'il semble intéressant d'en augmenter le nombre, en dehors de toute idée d'application à l'analyse chimique.

Les mesures (2) ont montré directement que le pouvoir rotatoire magnétique d'une molécule d'eau est inférieur à celui de l'ion oxhydrile; l'ion hydrogène, n'ayant aucun pouvoir rotatoire magnétique, on pouvait donc prévoir que la réaction



(I) $$[H]^{+} + [OH]^{-} = OH^{2}$$

doit se traduire par une diminution d'effet Faraday.

C'est cette hypothèse que nous nous sommes attachés à vérifier avec l'espoir qu'elle pourrait fournir une méthode d'étude de la neutralisation. Nous avons suivi par des mesures d'effet Faraday certaines réactions acide + base en appliquant la méthode des variations continues.

La figure 1 se rapporte à la réaction de l'acide chlorhydrique sur la soude en solutions normales. La courbe I représente la rotation magnétique observée pour le milieu en fonction de sa composition; on voit qu'elle est constamment au-dessous de la droite qui exprimerait la loi d'additivité des rotations, et que l'écart Δ (courbe II) passe par un minimum très net pour une concentration de soude (50 %) qui correspond exactement à la neutralité chimique (conditions expérimentales : doubles rotations sous une chute de potentiel magnétique de 46.10^3 gauss $\times$ cm, pour la radiation verte du spectre d'arc du mercure).

Nous avons rassemblé sur la figure 2 les écarts auxquels donne lieu, dans les mêmes conditions expérimentales, la formation d'une molécule d'eau par la neutralisation de différents acides par la soude. [Les écarts exprimés en minutes ont été déterminés pour les radiations vertes (courbe I) et indigo (courbe II) du mercure, à trois concentrations C.]

On observe l'influence des facteurs habituels; les acides les plus *forts*

---

(1) Séance du 27 novembre 1939.

(2) Cf. par exemple, Suhner, *Dipl. ét. sup.*, Nancy, 1931.

donnent les plus grands écarts : l'acide acétique donne un effet plus faible que l'acide sulfurique et surtout que l'acide chlorhydrique. Les écarts augmentent aussi avec la *concentration*. Enfin, dans le cas d'un acide

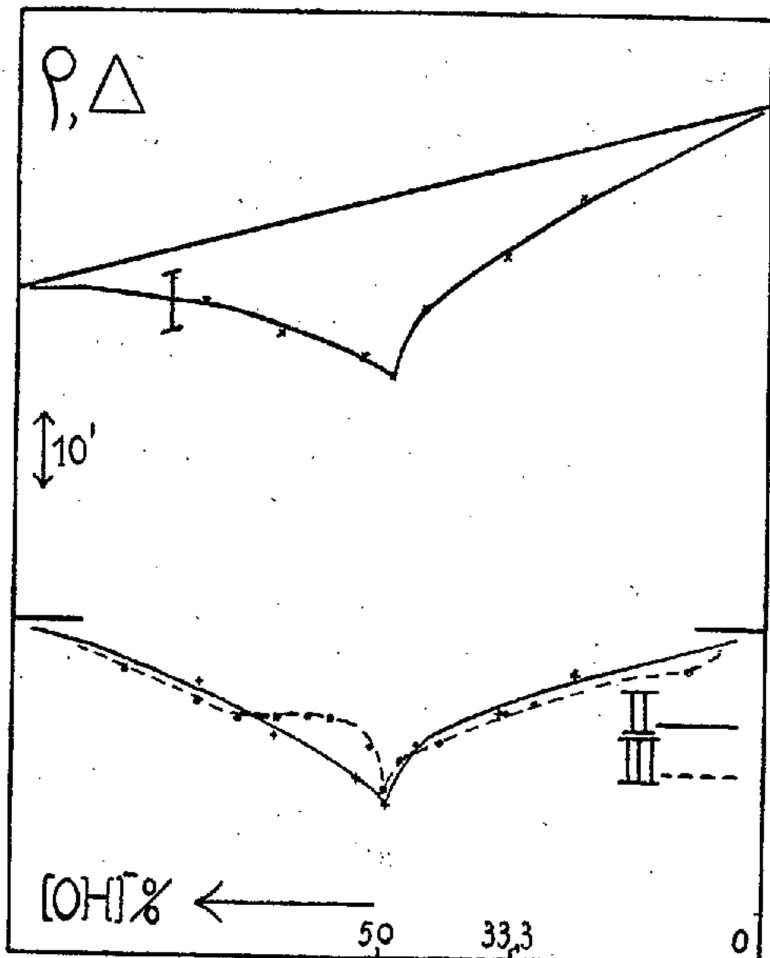


Fig. 1.

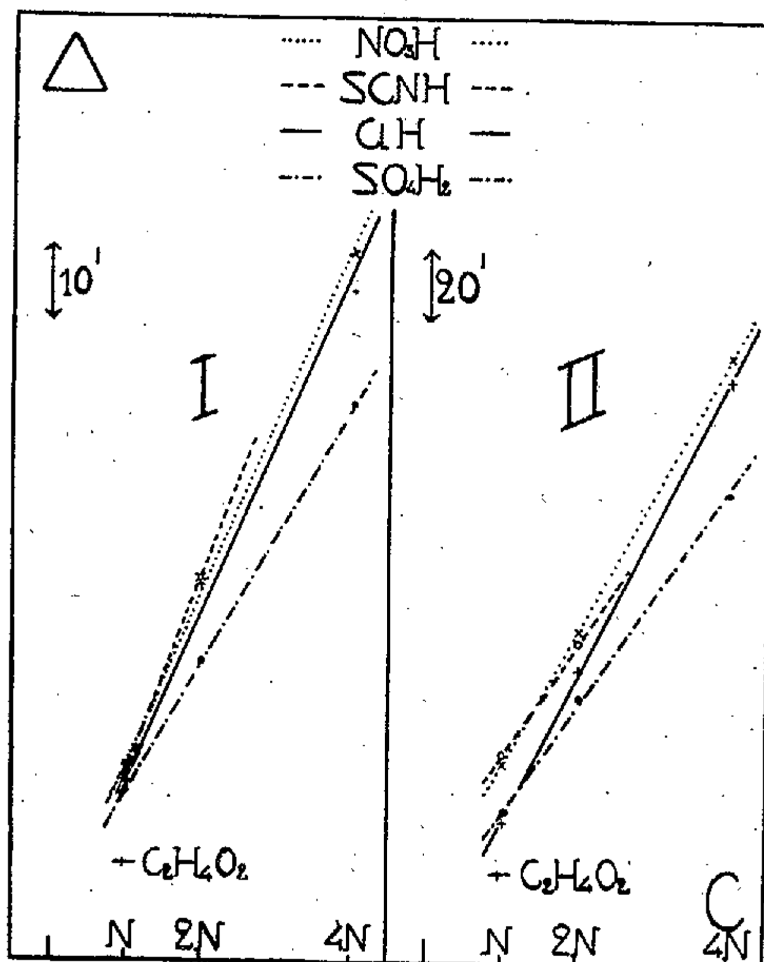


Fig. 2.

polyvalent comme l'acide sulfurique, la méthode de variation continue utilisée ne permet pas de mettre en évidence les étapes de la neutralisation.

On peut voir sur la figure 1 que la courbe des écarts (courbe III) a une ordonnée appréciable dans la majeure partie de la région acide; mais que la neutralisation du premier hydrogène de SO^4H^2 (OHNa 33,3 %) ne s'y marque pas nettement.

Si ces constatations correspondent bien à ce que l'on pouvait prévoir, il n'en est pas de même des résultats fournis par l'acide nitrique et l'acide thiocyanique. La neutralisation de ces deux acides s'accompagne d'une diminution d'effet Faraday égale et même supérieure à celle qui accompagne la neutralisation d'un acide aussi *fort* que l'acide chlorhydrique.

Ce comportement ne peut être attribué à la présence éventuelle d'une impureté, cause d'erreur contre laquelle nous nous sommes prémunis.

Mais ce que l'on connaît de *l'acide nitrique* permet d'interpréter dans son cas cette apparente anomalie.

On sait que les solutions de cet acide renferment, en proportion d'autant plus grande qu'elles sont plus concentrées, une forme complexe où ne figure pas

l'ion $[NO^3]^-$ qui caractérise les nitrates [3]. Les mesures de Perkin [4], examinées à la lumière de ce fait, indiquent d'ailleurs que cette forme a un pouvoir rotatoire magnétique beaucoup supérieur à celui de la forme ionisée, car, au fur et à mesure que la dilution augmente, le pouvoir rotatoire de l'acide diminue.

On peut admettre que l'isomérisation complète qui accompagne la neutralisation ajoute ses effets à ceux de la réaction (I) et est responsable de la diminution exceptionnelle de la rotation magnétique observée à cette occasion.

L'hypothèse d'une transition électronique permet aussi d'interpréter le cas de l'*acide thiocyanique*.

L'un de nous a montré [5] que le pouvoir rotatoire magnétique des esters isothiocyaniques surpasse beaucoup celui des esters thiocyaniques. S'il existe, dans les solutions examinées, de l'acide isothiocyanique, sa transformation en thiocyanate alcalin provoque une diminution supplémentaire d'effet Faraday de la neutralisation.

Notre résultat expérimental apporte donc une raison de penser que l'acide existant dans les solutions aqueuses est, au moins pour une part, de l'acide isothiocyanique.

Ces deux exemples montrent en tout cas que l'on peut espérer atteindre par l'étude magnétooptique de la neutralisation, un aspect de cette réaction qui échappe aux méthodes classiques.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Les interactions moléculaires dans les solutions. Leurs effets sur la rotation des dipôles dans un champ alternatif.* Note de MM. **Pierre Girard** et **Paul Abadie**, présentée par M. Jean Perrin.

L'étude expérimentale de la dispersion et de l'absorption des solutions de dipôles soumises à l'action d'un champ hertzien dont on fait varier la fréquence (la température étant fixée) nous a montré l'influence variant avec leur structure qu'ont sur cette dispersion et sur cette absorption les molécules non polaires du diluant qui, elles, n'absorbent ni ne dispersent.

C'est la comparaison de la dispersion et de l'absorption de telles solutions avec celles des liquides purs correspondants qui montre cette importante influence. En fait, au lieu des variations de ε' et de ε'', nous

---

(3) Cf. les Ouvrages de Pascal, Gmelin-Kraut.

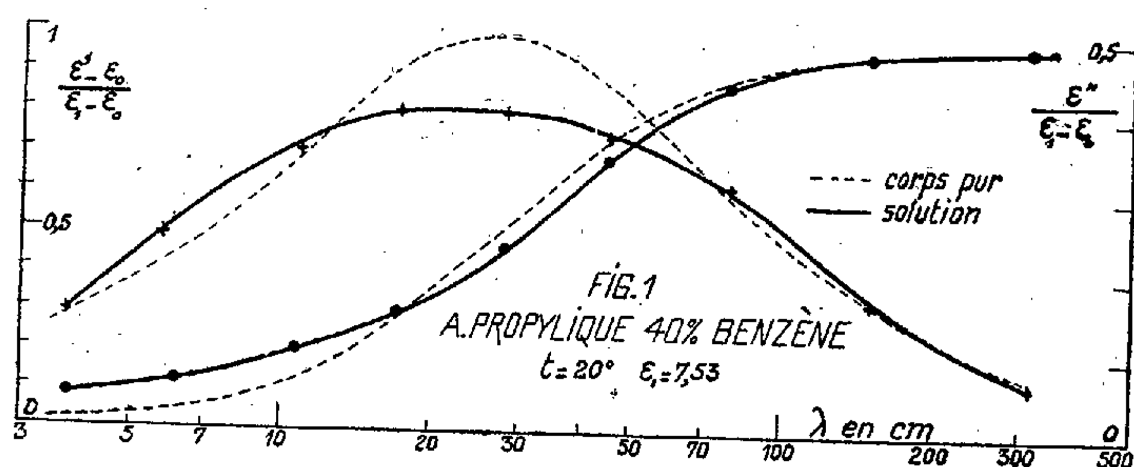
(4) *J. Chem. Soc.*, 55, 1889, p. 680; 63, 1893, p. 65.

(5) F. Gallais, *J. Chim. Phys.*, 36, 1939, p. 99.

envisagerons, ainsi qu'on le fait d'habitude, les variations en fonction des λ de $\varepsilon' - \varepsilon_0/\varepsilon_1 - \varepsilon_0$, qui nous renseignent sur la dispersion et de $\varepsilon''/\varepsilon_1 - \varepsilon_0$ qui nous renseignent sur l'absorption. Les courbes obtenues pour des liquides purs très différents (alcools, aldéhydes, cétones, acides, eau etc.) sont alors les mêmes; seule variera d'un liquide pur à l'autre leur position sur l'axe des λ.

Pour les solutions, l'essentielle difficulté de l'étude expérimentale de la dispersion et de l'absorption provient de l'obligation de descendre jusqu'aux λ centimétriques. Les énormes volumes liquides qu'exige l'application des méthodes optiques rendent celles-ci inutilisables. Nous avons donc mis au point pour ces très courts λ une méthode dérivée de la première méthode de Drude, avec un système symétrique de trois fils de Lecher; les réflexions sur la paroi antérieure du tube contenant le liquide étant fortement atténuées.

La figure 1 reproduit en traits continus les courbes de dispersion et

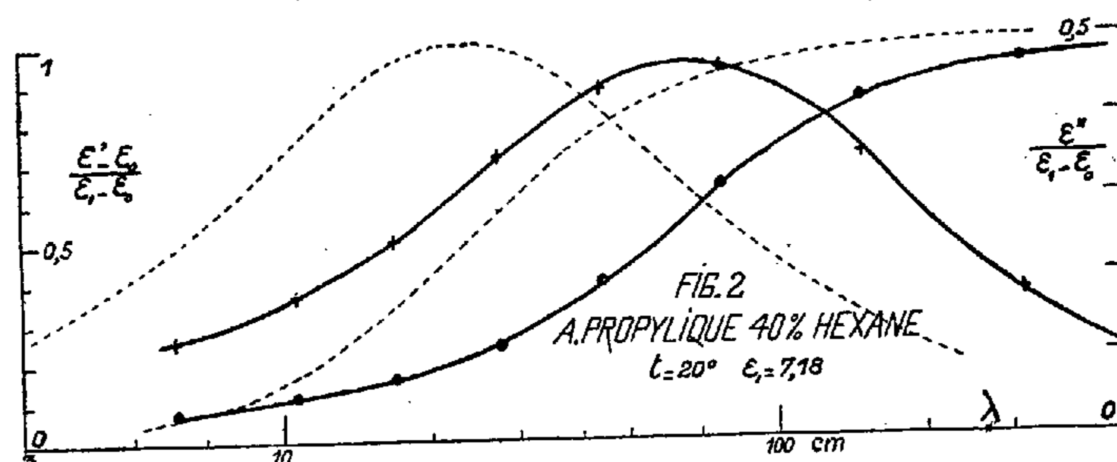


d'absorption d'une solution d'alcool propylique dans le benzène, et en traits discontinus les mêmes courbes relatives à l'alcool propylique pur, supposé ramené à la viscosité de la solution benzénique. On sait en effet que, pour un liquide pur déterminé, c'est de cette viscosité, variable avec la température, que dépend la position des courbes sur l'axe des λ.

Au lieu des courbes typiques qu'on obtiendrait avec un liquide pur quelconque, la courbe de dispersion de la solution est plus longue et plus aplatie; la courbe d'absorption considérablement aplatie et élargie. Tout se passe comme si la rotation des dipôles d'alcool dans le champ alternatif, bien que commençant pour de petites valeurs de λ ($< 1^{cm}$), était très gênée et freinée par l'action qu'exercent sur eux à distance les molécules de benzène. Van der Waals avait déjà fait la remarque que, au sein d'un liquide pur, la distribution symétrique des molécules autour d'une molécule donnée, impliquait une résultante nulle des interactions moléculaires.

Ainsi s'expliquent les courbes identiques des différents liquides purs. Au contraire, ces interactions apparaissent entre molécules hétérogènes (et aussi entre les molécules de même sorte) dès que la dilution commence à détruire cette symétrie. Ce sont les effets de ces interactions que la figure 1 montre clairement pour la solution benzénique.

Dans la figure 2, les mêmes intervalles entre les mêmes dipôles d'alcool



propylique sont remplis non plus par des molécules de benzène (molécules cycliques), mais par des molécules d'hexane (chaînes droites). Les déformations par rapport aux courbes de l'alcool pur, dont la viscosité est supposée ramenée à celle de sa solution dans l'hexane, sont moins marquées que pour la solution benzénique. En revanche un effet nouveau apparaît : le déplacement considérable des courbes de la solution vers les grands λ. Ce déplacement apparaîtrait aussi si la viscosité de la solution dans l'hexane était plus grande que celle de l'alcool pur, ce qui n'est pas le cas.

Nos courbes de solution (surtout celles relatives au benzène) rappellent beaucoup les courbes calculées par Yager (¹), dans l'hypothèse de plusieurs temps de relaxation (τ) des dipôles.

Cette multiplicité des τ, la théorie mathématique de Debye et Ramm (²) la prévoit en effet comme une conséquence d'un empêchement de rotation imaginé pour expliquer la faible polarisation du liquide pur par rapport à celle de ses vapeurs ou de ses solutions. On voit que dans la solution cet empêchement de rotation est limité à la région de dispersion et d'absorption des dipôles; il n'influence pas les valeurs de la C. D. statique et de la polarisation, qui est plus forte que celle de l'alcool pur. Pour ce dernier d'ailleurs les courbes de dispersion et d'absorption conduisent à n'admettre qu'un τ.

(¹) *Physics*, 7, 1936, p. 434.
(²) *Annal. der Physik*, 28, 1937, p. 28.

En résumé, de la dispersion et de l'absorption des solutions dans le hertzien résulte une méthode (nécessairement comparative) pour l'étude expérimentale des interactions moléculaires. C'est la première possibilité qui nous est offerte de pénétrer de façon directe dans ce domaine inexploré dont on peut prévoir l'importance.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur une propriété des radiocolloïdes.* Note de M[lle] **Catherine Chamié** et M[me] **Branca Edmée Marques**, présentée par M. Jean Perrin.

Une méthode plus sensible que la centrifugation a été décrite [1], permettant de mettre en évidence les groupements d'atomes des radiocolloïdes en milieu acide. Nous avons vérifié cette méthode pour des cas variés et nous l'avons appliquée à une étude quantitative du phénomène.

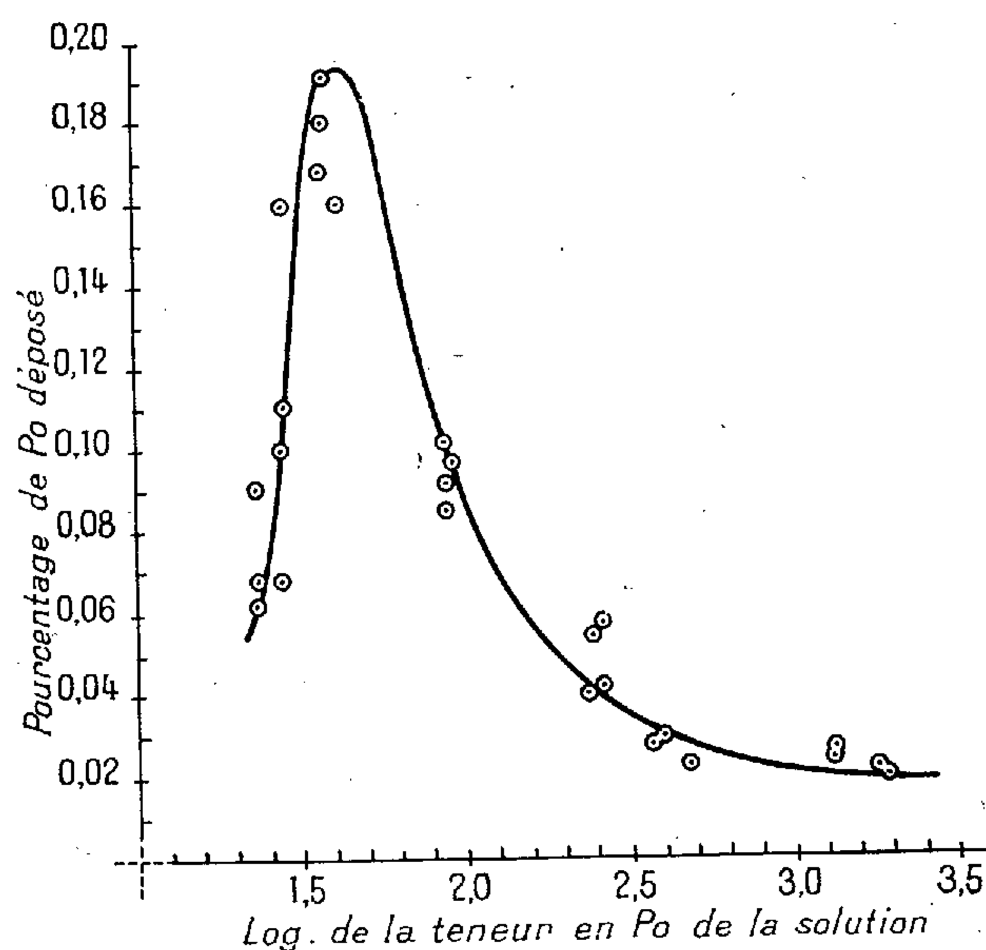
Vérification de la méthode. — Des expériences ont été faites avec du Po (polonium) en solution NO^3H normale qu'on versait après centrifugation sur une surface plane de paraffine. Après avoir enlevé la solution, on mettait la surface de la paraffine en contact avec une plaque photographique qui, après développement, montrait les groupements d'atomes de Po que la paraffine avait captés. Comme NO^3H et HCl sont volatils, on pouvait penser qu'une couche infiniment mince restait adhérée à la surface de la paraffine et s'évaporait en y abandonnant son activité. Or, les mêmes résultats ont été obtenus avec une solution normale de SO^4H^2. Par contre, un sel de baryum radifère en solution NO^3H normale, dépourvu de son dépôt actif et de son émanation, n'abandonne pas d'activité sur la paraffine, et la photographie ne laisse apercevoir que quelques points parasites accidentels. La paraffine peut être remplacée par de la stéarine, à condition que son refroidissement soit rapide quand on la fait couler sur une surface plane pour éviter la formation de gros cristaux.

On peut conclure, que ni la nature de la solution acide, ni la nature de la surface ne sont responsables de la formation de groupements d'atomes dont la cause tient à la nature du radioélément qui, en solution faiblement acide, se comporte comme un colloïde et garde encore une certaine probabilité de former des groupements en solution fortement acide, ce que les cristalloïdes ne font pas.

---

[1] M[lle] C. Chamié, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1300. Cette Note contient la bibliographie de la centrifugation des radiocolloïdes.

Expériences quantitatives. — Les mesures de l'activité retenue par la paraffine ont permis de construire la courbe ci-dessous qui représente le pourcentage de Po déposé en fonction des logarithmes de la teneur en Po de la solution NO^3H normale. La quantité de Po en solution variait de 20 à 2000 U.E.S. (²); le temps de contact avec la paraffine était de 5 minutes.



Il semblerait que par rapport au poids de la solution qui était de $1^g,5$, la variation de la teneur en Po ne pouvait produire aucun effet pour ces concentrations infinitésimales de l'ordre de 10^{-9} g à 10^{-7} g, et, cependant, la courbe le met bien en évidence. Avec son maximum, la courbe ressemble à une courbe de probabilité de Gauss. Pour les abscisses croissantes, cette courbe confirme une expérience antérieure (³) faite avec une solution de l'ordre de 10^{-2} N, d'après laquelle le pourcentage de Po centrifugé diminue quand la concentration en Po augmente. Il est possible qu'en prolongeant la courbe vers les abscisses faibles, la courbe donne encore un maximum; on pourrait, dans ce cas, la représenter par deux fonctions exponentielles comme une superposition de deux courbes en cloches (⁴).

(²) On sait qu'une U.E.S. de Po est égale à $1,69.10^{-10}$ gramme.

(³) Mlle C. Chamié et M. Haïssinsky, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1229.

(⁴) D'après la Note précédente on aurait alors

$$y = Ae^{-K_1(\chi-\chi_1)^2} + Be^{-K_2(\chi-\chi_2)^2}.$$

Par son aspect général, la courbe ressemble aux courbes qui ont été obtenues par centrifugation du Po dans des solutions faiblement acides ou basiques dans lesquelles on faisait varier le titre de la solution; il est intéressant de constater que la variation de la teneur en Po d'une solution fortement acide de titre constant permet d'obtenir une courbe analogue par un autre procédé.

CONCLUSION. — *Le pourcentage de groupements colloidaux qu'une solution fortement acide abandonne sur la paraffine est fonction de la teneur en* P_0 *de la solution.* Ce fait peut être considéré comme une propriété des radiocolloïdes par laquelle ils se distinguent des cristalloïdes.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la vitesse de formation du chlorhydrate de métanitraniline.* Note [1] de Mme **DORA MARKOWSKA.**

I. La cinétique de l'absorption du gaz chlorhydrique par la métanitraniline est un troisième exemple du type de réactions dont j'ai entrepris l'étude [2].

Les techniques et la préparation de l'acide ne sont pas modifiées. L'amine, R. P., a été purifiée par recristallisation de sa solution aqueuse, desséchée à froid en présence d'acide sulfurique, fondue, pulvérisée, et tamisée au moyen d'un jeu de tamis de soie. Dans chaque expérience, l'épaisseur initiale e_0 des grains est conventionnellement repérée par la dimension de fréquence maxima apparaissant sur la courbe en cloche qui résulte de l'étude micrométrique de la répartition.

II. L'évolution d'échantillons pulvérisés obéit à la formule de G. Valensi [3], qui, compte tenu de la densité du chlorhydrate de métanitraniline, $d_4^{20} = 1,468$, que j'ai déterminée par la méthode de mise en suspension dans des mélanges de tétrachlorure de carbone et de xylène, s'écrit dans le présent cas particulier

$$F(m) \equiv 5,3215 - (1-m)^{\frac{2}{3}} - 4,3215\,(1+0,2314\,m)^{\frac{2}{3}} = \mathcal{K}\,\frac{t}{e_0^2}.$$

Je rappelle que m représente la fraction ayant réagi à l'instant t, et $\mathcal{K}$ une constante liée aux conditions physiques.

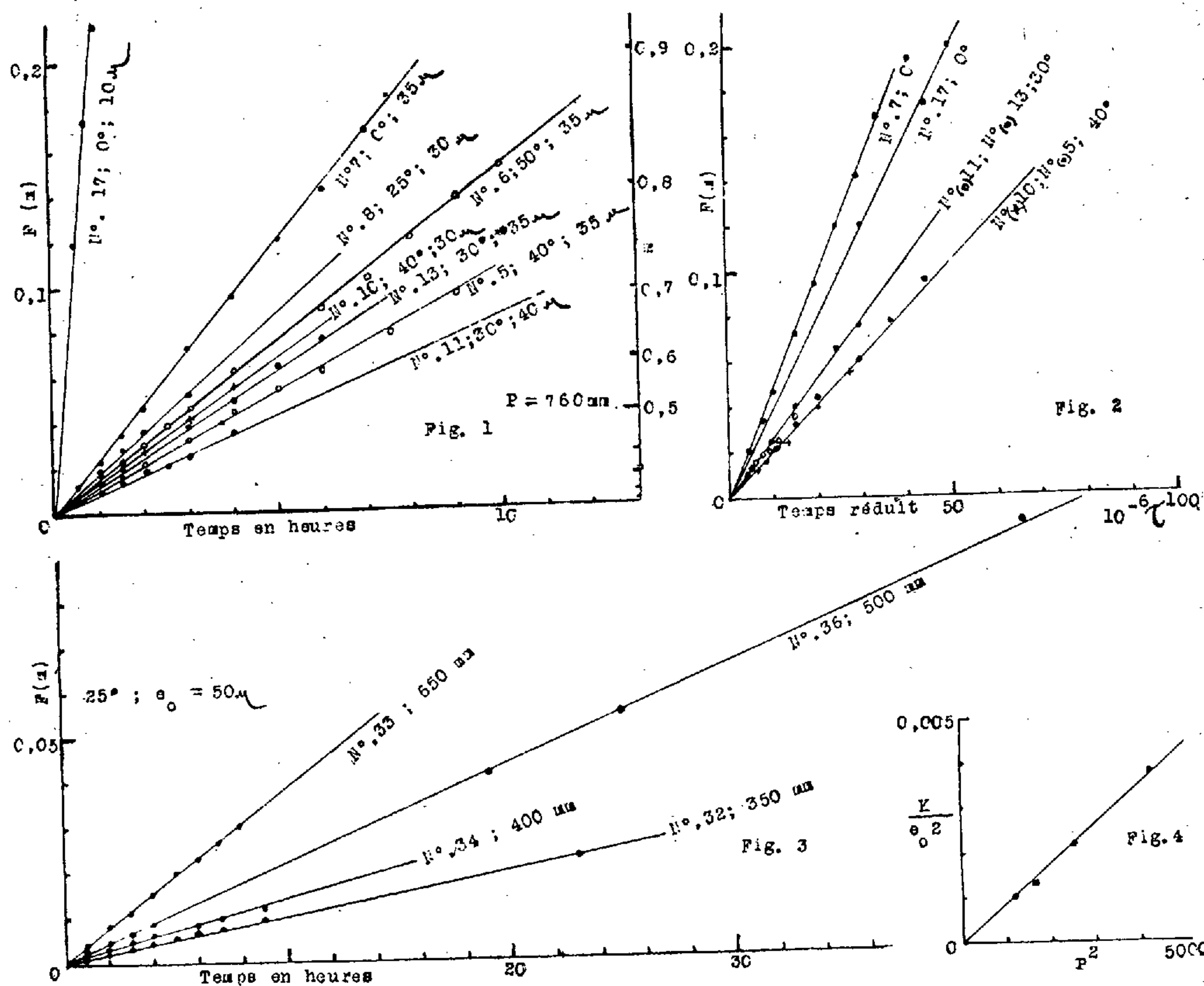
---

(1) Séance du 4 décembre 1939.

(1) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1648 et 1727.

(2) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 309 et 414; *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **4**, 1937, p. 668.

III. La vérification de cette équation apparaît sur les figures 1 et 2, rélatives à la pression de 760^{mm}, pour diverses températures et diverses épaisseurs, ainsi que sur la figure 3, relative à la température de 25° et



l'épaisseur de 50$^{\mu}$, pour diverses pressions. Les ordonnées résultent des valeurs numériques de F(m) pour les degrés de transformation mesurés. Le temps en heures est porté en abscisse, sauf sur la figure 2, où la variable choisie est le quotient $\tau = t/e_0^2$, ou *temps réduit*. Cette représentation comparée à la précédente, accuse l'influence de l'épaisseur qui, bien que n'obéissant pas rigoureusement à la loi proposée, vu sa définition difficile, rapproche, au point de les confondre *quelquefois*, des isothermes de pentes très différentes.

IV. L'influence de la température est tout à fait comparable à celle déjà observée pour le système acide chlorhydrique-β-naphtylamine (*loc. cit.*); la vitesse de neutralisation passe par un *minimum* vers 30-40°.

V. La loi d'influence de la pression, se retrouve également identique,

imposant l'ordre 2 par rapport à l'atmosphère gazeuse. Ceci résulte, d'une part, de la figure 4 où les pentes de la figure 3 sont représentées en fonction du carré de la pression, et d'autre part, de diverses expériences *isochores* non rapportées ici.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Application des mesures de tension superficielle à la détermination des sels doubles en solution.* Note [1] de MM. **Georges Arcay** et **Marcel Marcot.**

De nombreuses propriétés physiques ont été utilisées pour la mise en évidence des sels doubles dans les solutions. Nous avons employé la tension superficielle pour cette détermination, spécialement dans le cas des sels doubles *chlorure mercurique-chlorure alcalin.*

Nous avons préparé des mélanges en proportions variables de solutions équimoléculaires de chaque sel. Au cours de nos premières recherches, malgré tout le soin apporté à nos mesures nous n'avons trouvé que des résultats très inconstants : des mélanges préparés de façon identique ne donnaient jamais les mêmes points remarquables sur la courbe des tensions superficielles en fonction de la concentration de l'un des sels. Une étude systématique de toutes les causes d'erreur nous a montré qu'il était indispensable d'utiliser une technique spéciale : les solutions doivent être mélangées goutte à goutte, de telle façon qu'elles soient toujours dans les mêmes proportions que dans le mélange final. On ajoutera ainsi une goutte de chlorure mercurique à deux gouttes de chlorure alcalin, lorsqu'on réalise un mélange contenant 33 °/₀ du premier et 66 °/₀ du second, en agitant vivement au moyen d'une baguette de verre parfaitement propre. Cette homogénéisation doit être faite immédiatement et rapidement, sinon l'on s'expose à trouver dans la couche superficielle des proportions variables d'une expérience à l'autre des complexes dont la formation est possible.

Nos mesures ont été faites à l'aide du tensiomètre absolu de Lecomte du Noüy. Avec le chlorure de potassium par exemple, les solutions contenant 1/5ᵉ de molécule-gramme par litre, nous avons obtenu les résultats ci-après :

---

(1) Séance du 27 novembre 1939.

ClK % ([a]).	T ([b]).	ClK % ([a]).	T ([b]).	ClK % ([a]).	T ([b]).	ClK % ([a]).	T ([b]).
0........	73,0	35........	68,2	50........	**67,0**	66,6......	**66,5**
5........	72,7	36........	68,7	52........	67,1	70........	66,9
10........	72,4	38........	69,1	54........	67,2	75........	66,6
15........	72,0	40........	69,5	55........	67,3	80........	66,3
20........	70,0	41........	69,3	57........	67,8	85........	65,8
25........	69,0	43........	68,7	60........	68,0	90........	65,7
30........	68,3	45........	68,3	62........	67,5	95........	65,6
33,3......	**68,0**	48........	67,8	65........	67,0	100........	65,0

([a]) Nombre de molécules de ClK dans 100^mol du mélange ClK + Cl^2Hg.

([b]) Tension superficielle (dynes/cm.).

La courbe traduisant ces résultats présente trois minima, correspondant aux points 33,3 %, 50 %, 66,6 %, c'est-à-dire aux sels doubles $2Cl^2Hg.ClK$, $Cl^2Hg.ClK$, $Cl^2Hg.2ClK$, que d'autres méthodes avaient pu mettre en évidence.

Avec le chlorure de sodium, les minima sont beaucoup moins marqués qu'avec le chlorure de potassium, mais sont apparents néanmoins aux mêmes points.

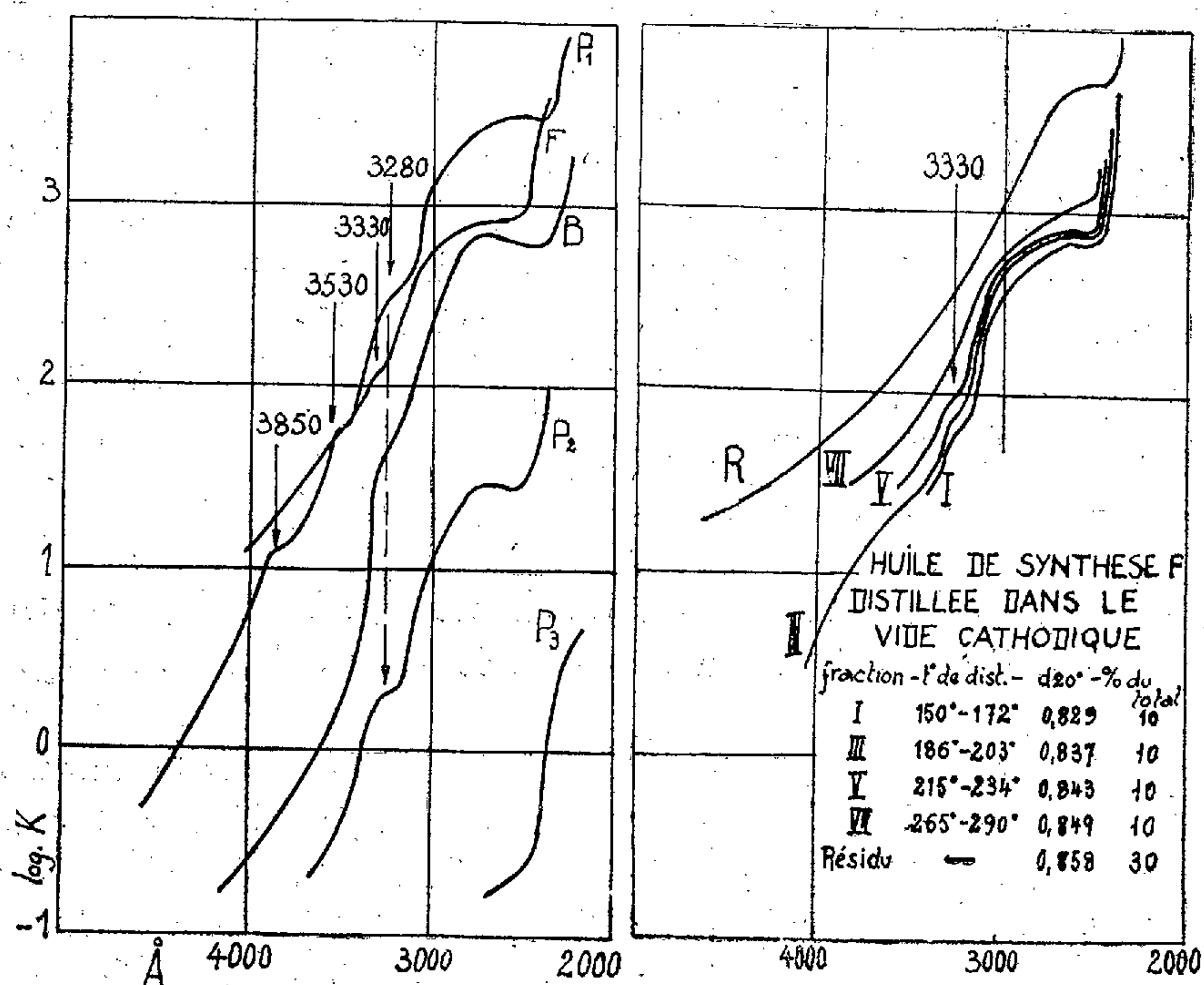
La méthode des tensions superficielles se révèle donc comme une méthode extrêmement pratique et d'un emploi facile pour l'étude des sels doubles en solution.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le spectre d'absorption ultraviolet des huiles minérales de synthèse.* Note de MM. **Edmond Vellinger** et **Bernard Thomas**, présentée par M. Jean Perrin.

L'un de nous ([1]) a montré précédemment que les huiles de même caractère physique extraites des pétroles bruts de Pennsylvanie, du Texas, du Vénézuela, de Russie et d'Alsace ont un spectre pratiquement identique, c'est-à-dire que les bandes se trouvent situées à peu près aux mêmes longueurs d'onde. En outre, étant donné les constantes d'extinction élevées, nous avons pu calculer que toutes ces huiles, y compris celles dites paraffiniques de Pennsylvanie, contiennent une proportion relativement élevée en noyaux aromatiques.

([1]) E. Vellinger et A. Klinkenberg, *Ann. Off. Nat. Comb. Liq.*, **10**, 1936, p. 85; E. Vellinger, *Ann. Off. Nat. Comb. Liq.*, **11**, 1937, p. 195.

Il était intéressant de rechercher si les huiles obtenues par synthèse présenteraient une absorption différente. Sur la figure 1 nous avons porté les spectres d'une huile de Pennsylvanie peu raffinée P_1, la même huile surraffinée P_2, c'est-à-dire traitée jusqu'à la disparition de la réaction



P₁, huile de Pennsylvanie peu raffinée; F, huile de synthèse Fischer; B, huile de synthèse de la Bataafsche; P_2, huile P_1, surraffinée à l'acide sulfurique; P_3, huile P_2, surraffinée à l'oléum.

avec l'acide sulfurique à 98 %, et enfin l'huile surraffinée traitée à l'oléum P_3. Le traitement a pour effet :

1° la diminution considérable de l'absorption;

2° la disparition des bandes.

Nous expliquons ce comportement par l'élimination des noyaux aromatiques.

L'huile de synthèse obtenue par le procédé Fischer (F) se place très près de l'huile peu raffinée P_1. On en déduit la présence d'une quantité assez notable de noyaux aromatiques. Il en est de même pour le spectre [2] de l'huile B obtenue par la polymérisation des oléfines dans le laboratoire de la *Bataafsche Petroleum Maatsch.*

[2] En collaboration avec M. A. Klinkenberg.

Si ces huiles étaient exclusivement paraffiniques, le spectre devrait se rapprocher du spectre de l'échantillon P_3 dont les dernières traces de carbure aromatique ont été éliminées par l'oléum. Nous avons examiné quelques fractions de l'huile F distillée dans le vide cathodique (par M. Louis) (3); on constate que l'absorption augmente avec la température de distillation et la densité. Une partie importante des noyaux aromatiques s'est concentrée dans le résidu. Il s'agit probablement de noyaux fortement condensés. La position des bandes ne permet pas de tirer des conclusions certaines quant à la nature de ces noyaux. Mais le calcul permet de dire qu'il s'agit au moins de noyaux naphtaléniques ou de noyaux plus condensés. Les bandes de ces hydrocarbures aromatiques ne sont pas visibles sur les courbes en raison de la très forte substitution de ces noyaux par des chaînes paraffiniques.

PHYSICOCHIMIE. — *Sur un verre nouveau du système binaire* $MgF^2—SiO^2$. Note de M. **Choong Shin-Piaw**, présentée par M. Charles Fabry.

Les solutions formées par la dissolution de la silice dans le fluorure de magnésium fondu se solidifient généralement en un émail blanc et opaque, comme dans le cas du fluorure de magnésium pur. Ce fait peut être démontré d'une façon simple par la fusion directe du fluorure dans une flamme de gaz-oxygène avec une baguette de quartz fondu comme support. Cependant j'ai observé que, dans des conditions de chauffage favorables, il est possible d'obtenir une solution solide transparente. Une douzaine de globules transparents, du système binaire $MgF^2—SiO^2$, ont été préparés par ce moyen. Les matières premières sont du fluorure de magnésium synthétique et du quartz fondu pur. On constate que les densités de ces globules se trouvent toutes dans l'intervalle étroit entre 2,73 et 2,83, et le plus souvent elles prennent la valeur $2,81 \pm 0,01$. Il semble improbable qu'un solide transparent puisse se former avec une densité en dehors de l'intervalle indiqué.

La substance transparente en question n'a pas un point de fusion bien défini. En effet son allure à la fusion est semblable à celle du verre; par conséquent, on peut la considérer comme une espèce nouvelle de verre.

(3) *C. R. Congrès Mond. Pétrole*, Paris, 1937.

Un couple thermoélectrique de Pt—PtRh indique que ce verre commence à fondre vers 1460°, ce qui est environ 60° au-dessus du point de fusion du fluorure de magnésium et environ 150° au-dessous de celui du quartz fondu. Sous ce rapport, il faut signaler une propriété thermique remarquable de ce verre nouveau. On observe qu'un globule de ce verre porté au rouge peut être plongé dans l'eau froide sans se briser, tandis que dans les mêmes conditions, un verre ordinaire éclaterait en petits fragments. Il ressort de là évidemment que le coefficient de dilatation thermique de ce verre doit être très petit.

Les densités du quartz fondu et du fluorure de magnésium amorphe sont respectivement 2,20 et 2,47 ([1]). Ces valeurs sont bien inférieures à celles du verre nouveau signalées plus haut. Ce fait indique sans doute qu'il y a une contraction importante de volume pendant la formation du verre à partir de ses constituants. A cause de cette contraction extraordinaire, on ne peut plus profiter tout simplement de la connaissance des densités du verre et de ses constituants pour calculer la proportion de ces derniers sans tenir compte du changement de volume, qui est actuellement inconnu. Le fait que la densité et le point de fusion du verre sont tous deux beaucoup plus près de ceux du fluorure de magnésium que de ceux du quartz fondu, nous fait penser que ce verre du système binaire MgF^2—SiO^2 contient principalement du fluorure.

La limite de transparence du verre nouveau a été étudiée dans la région ultraviolette. On trouve que cette limite se déplace d'une façon plus ou moins régulière vers les courtes longueurs d'onde à mesure que la densité du verre décroît. Par exemple, pour les lames d'épaisseur de 2^{mm}, la limite de transparence s'étend de λ 2700 jusqu'à λ 2620 lorsque la densité du verre varie de 2,83 jusqu'à 2,73. A cet égard il est intéressant de signaler que le verre Pyrex est un peu moins transparent que ce verre nouveau et que, sous la même épaisseur, le Pyrex a sa limite vers λ 2800.

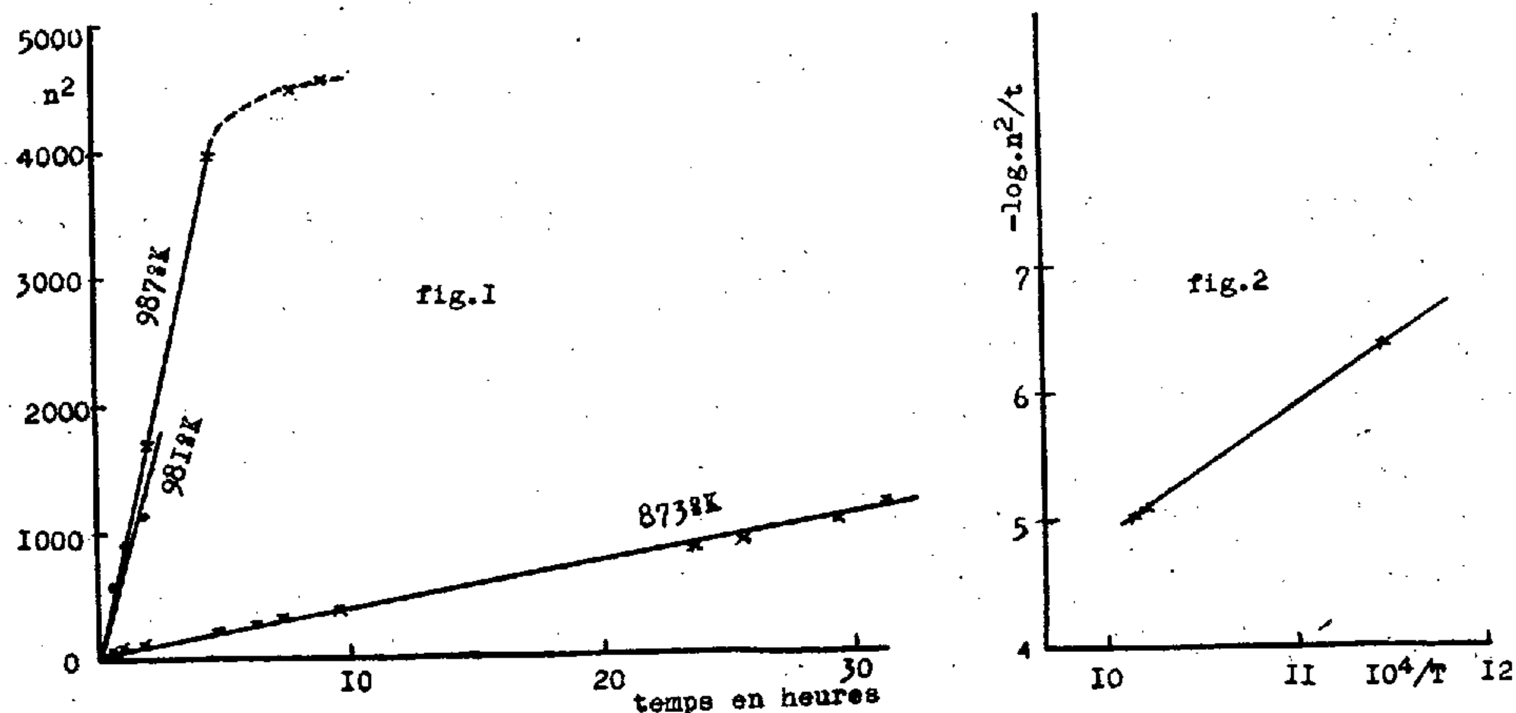
([1]) H. G. F. Schroder, *Dichtigkeitsmessungen*, Heidelberg, 1873.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Vitesse d'oxydation de l'oxyde cobalteux en oxyde salin.* Note [1] de Mme **Germaine Chauvenet**, présentée par M. Marcel Delépine.

I. En vue de généraliser mes recherches sur la corrosion sèche du cobalt métallique [2] j'ai jugé utile d'examiner la question préliminaire de l'oxydation de CoO en Co^3O^4.

Des disques de 2^{mm} d'épaisseur ont été sciés dans du fil de cobalt à 97,76 %, de 5^{mm} de diamètre. Ils ont été polis et totalement transformés en CoO par chauffage à 950° dans l'oxygène sec, ce qui a demandé approximativement 8 jours. Ils ont été refroidis dans le vide et se sont alors présentés en lentilles biconvexes à bords très friables et facilement clivables suivant leurs sections circulaires médianes. Des demi-échantillons ont été à nouveau aplanis par polissage et ont donc permis l'étude de l'oxyde cobalteux sous une forme compacte, à surface mesurable et constante.

II. Les essais ont été effectués entre 500 et 750°, seuil approximatif de formation et limite de stabilité de Co^3O^4. La couleur passe du gris marron



au gris vert métalliques, sans altération de forme géométrique. Ces expériences, exécutées dans l'oxygène pur, sous 760^{mm} de pression, ont malheureusement été peu nombreuses, vu le manque de métal initial, dont il m'a été impossible d'obtenir un nouvel usinage.

---

(1) Séance du 4 décembre 1939.

(2) Mme G. Chauvenet et G. Valensi, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 317; Mme G. Chauvenet, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 360 et 398.

Il en est résulté :

a. Que la loi parabolique d'oxydation, propre à la transformation du métal en oxyde, se vérifie encore lorsque l'on passe de l'oxyde inférieur à l'oxyde supérieur : ceci résulte des isothermes rectilignes de la figure 1, qui représentent, en fonction du temps, le carré du nombre de grammes d'oxygène absorbé par centimètre carré.

Il faut cependant noter que l'on n'arrive pas à une transformation complète sans observer un certain infléchissement des courbes. Ceci pourrait s'expliquer par la diminution de la surface réactionnelle d'échantillons dont l'épaisseur n'est ni absolument uniforme, ni négligeable en regard des autres dimensions.

b. Que l'énergie d'activation est de 23950^{cal}, comme on peut s'en rendre compte d'après la figure 2, qui représente la variation du logarithme de la constante d'attaque en fonction de l'inverse de la température absolue T.

III. En résumé, sous 760^{mm} d'oxygène et à surface constante de $s\,cm^2$, l'oxyde cobalteux, dans son intervalle d'évolution, fixe au bout de t heures le nombre de grammes

$$\nu = 571\,s\,e^{-\frac{11975}{T}}\sqrt{t}.$$

PÉTROGRAPHIE. — *Gisement des roches à silicates calciques et calcomagnésiens des Monts du Forez.* Note de MM. **Jean Jung** et **Paul Sainfeld**, présentée par M. François Grandjean.

F. Gonnard a signalé en 1883, à Saint-Clément (Puy-de-Dôme), une roche singulière composée de belles fibres de wollastonite, de pyroxène et d'anorthite, formant un filon de 50^{cm} de puissance dans le granite. Ultérieurement, A. Lacroix, qui reprit l'étude de ces matériaux [1], émit l'opinion qu'il devait s'agir d'un gneiss à pyroxène, ajoutant qu'un nouvel examen attentif sur le terrain montrerait sans doute que la roche encaissante, considérée comme granite, devait également être un gneiss.

Nos recherches à Saint-Clément ne nous ont pas permis de retrouver ce gisement, la région paraissant uniquement constituée par un granite à gros nodules de cordiérite. Mais, au cours de la révision de la feuille de Montbrison de la Carte géologique de France, nous avons pu découvrir

(1) A. Lacroix, *Bulletin Soc. Franç. de Minéralogie,* 12, 1889, p. 146.

et étudier d'autres gisements analogues, permettant de résoudre le problème des rapports des roches à silicates calciques et calcomagnésiens du Forez, avec le granite qui constitue ces montagnes.

En particulier on peut observer, dans la région de Saint-Bonnet-le-Courreau (Loire), que le granite contient des enclaves et des massifs flottants de gneiss, dont l'un constitue la colline située immédiatement à l'ouest du village. En suivant la crête de la colline on recoupe, perpendiculairement aux strates, les assises suivantes : vers le Nord, des gneiss très granitoïdes, du type anatexite, riches en sillimanite et vers le Sud, des roches basiques de teinte sombre, dont nous allons indiquer la nature.

La roche dominante est une amphibolite à grain fin (hornblende et labrador An_{60}), zonée de pyroxénite grenue (diopside augitique et labrador An_{60}), passant elle-même à des grenatites (grenat almandin et bytownite An_{70}). La pyroxénite peut se charger, suivant certains lits, de wollastonite, réalisant alors le faciès de la roche de Saint-Clément. Le microscope y décèle de la wollastonite fibreuse, de la bitownite An_{70}, du diopside augitique, de la calcite et du sphène.

Il y a lieu d'ajouter que le massif basique est parcouru de filonnets d'une roche pegmatoïde faite d'oligoclase-andésine An_{30}, de diopside et de sphène, représentant sans doute une pegmatite endomorphisée.

Nous avons dit que l'ensemble de ces roches basiques et des gneiss à sillimanite constitue un petit massif flottant dans le granite du Forez. Mais il est à remarquer que ce granite passe progressivement aux gneiss à sillimanite en d'autres points, ce qui rend la distinction parfois difficile. Ce mode de gisement explique la présence de blocs de pyroxénites et d'amphibolites disséminés çà et là, en surface, en plein Forez granitique, en particulier à Saint-Georges en Couzan, Essertines, Chazelles-sur-Lavieu et Bard.

Il s'agit, en résumé, de petits massifs de paragneiss basiques, ayant résisté à la migmatisation et flottant dans le granite d'anatexie du Forez ([2]). Il est à noter que, dans le Massif Central, les silicates calciques tels que la wollastonite et l'idocrase n'ont pas été rencontrés hors de ces zones d'intense migmatisation. Le second gisement connu, celui de Saint-Félicien, se trouve dans le granite à cordiérite du Vivarais, qui présente les mêmes caractères d'anatexie que celui du Forez.

([2]) J. Jung, *Bull. du Service de la Carte Géologique de France*, 40, 1939, p. 129.

MINÉRALOGIE. — *Appareil pour le triage photométrique des sables.* Note de MM. **L.-Henri Berthois** et **P.-Michel Duffieux**, présentée par M. Lucien Cayeux.

L'étude granulométrique d'un sable, suivant la méthode de Wentworth, par criblage sur une série de tamis dont les mailles sont en progression géométrique décroissante de raison $\sqrt{2}$, exige des échantillons initiaux pesant au moins 150^g. L'un d'entre nous ayant entrepris de classer suivant la même méthode les minéraux lourds des sables, dont les échantillons ne contiennent plus que quelques centaines de grains, a dû renoncer au triage par tamis. La mesure directe, au microscope, des diamètres moyens est une opération longue et imparfaite, par suite de la difficulté que l'on rencontre dans la détermination du diamètre moyen des grains irréguliers, d'autant plus irréguliers qu'ils sont plus petits. Nous avons cherché à déduire ce diamètre moyen de la mesure directe des surfaces apparentes des grains par un procédé photométrique suffisamment précis, et qui a l'avantage d'être rapide.

L'appareil est adapté sur un microscope ordinaire. Les grains sont montés sur un porte-objet de microscope, noyés dans une couche de baume, recouverte elle-même par un couvre-objet. La seule précaution spéciale consiste à disperser suffisamment les grains pour qu'ils soient bien isolés. Les contacts simples (2 grains) doivent être rares, les contacts doubles (3 grains) ne doivent pas se produire ou rester très rares.

Dans le plan de la préparation on forme l'image brillante, d'aire connue S_0, d'un disque uniformément éclairé. Soit Φ_0 le flux lumineux total formant cette image. Un grain, d'aire apparente s, mis au point dans le plan de l'image, ne laisse plus passer que le flux Φ :

$$s = S_0 \frac{\Phi_0 - \Phi}{\Phi_0}.$$

Les flux Φ_0 et Φ sont mesurés à l'aide d'une cellule photoélectrique.

Le système optique formant sur la préparation l'image de brillance uniforme comporte :

1° Une lampe à incandescence de 6 volts, type *projecteur*, alimentée par une batterie d'accumulateurs et réglée par un rhéostat très sensible.

2° Un objectif de projection de cinéma, de focale 50^{mm}, qui projette sur

le condenseur du microscope une excellente image, très agrandie, du filament de la lampe.

L'ensemble de la lampe et de l'objectif est monté en lanterne d'éclairage à 1^m du microscope.

3° Un condenseur spécial fixé à la place du condenseur normal du microscope. Le miroir du condenseur est remplacé par un prisme à réflexion totale pour éviter les images parasites. Le condenseur proprement dit est un excellent objectif de focale 15^{mm}, qui forme sur la préparation l'image de l'objectif de la lanterne. L'aire de cette image est amenée à la dimension convenable par un diaphragme placé sur ce dernier objectif.

La cellule photoélectrique, du type à couche d'arrêt fer-sélénium, est montée sur le revolver du microscope et se substitue aux objectifs par rotation, sans toucher au tirage du tube. Cette cellule est associée à un galvanomètre Assopregi qui donne à 1^m une déviation de 1^{mm} pour 7.10^{-9} amp., et dont la résistance critique est 18500 ohms. Reliée directement aux bornes du galvanomètre, la cellule donne une déviation très suffisamment proportionnelle au flux incident. L'aire d'un grain est alors proportionnelle à la chute de la déviation quand il vient occulter l'image du disque. Nous avons vérifié que cette chute est indépendante de la position du grain dans l'image. Le grain peut être tangent à son contour, ce qui permet la mesure sur deux grains au contact.

La mise au point en profondeur a beaucoup plus d'importance. La chute de la déviation passe par un maximum quand le contour apparent passe dans le plan de l'image brillante. La coïncidence est facile à obtenir avec une précision suffisante. Malgré la très grande ouverture numérique du condenseur ($f/4$), la chute ne diminue sensiblement que lorsque le contour apparent du grain s'éloigne visiblement d'une bonne mise au point, même sous un faible grossissement, et avec des grains dont le diamètre est voisin du millimètre.

Le montage électrique direct de la cellule a l'inconvénient d'exiger la stabilité parfaite de la lampe et du zéro du galvanomètre. L'aire mesurée étant donnée par la différence entre deux déviations, l'erreur commise sur l'aire d'un grain est d'autant plus grande que ce grain est plus petit. Il est infiniment plus sûr d'adopter un montage compensé à deux cellules.

La deuxième cellule, identique à la première, reçoit le flux direct de la lampe. Elle est placée en série avec la première sur le même circuit, et le galvanomètre est placé *en pont* entre les deux cellules. Le flux d'excitation

de la deuxième cellule est réglé pour que la déviation soit nulle quand il n'y a pas occultation par un grain. Au moment de l'occultation la déviation est alors proportionnelle à l'aire du grain. La position du zéro est très largement indépendante de l'intensité de la lampe. Le réglage de cette dernière fixe le rapport de proportionnalité. Il n'y a plus de déplacement lent du zéro; l'évolution très lente de la lampe au cours des mesures n'affecte plus que celle des plus gros grains et est négligeable. Il est inutile de vérifier constamment le réglage au cours de l'étude d'une préparation.

On obtient un bon graphique de triage en moins d'une demi-heure sur une préparation contenant moins de 200 grains.

GÉOLOGIE. — *Orogénèse et vulcanisme calédoniens sur le versant méridional de la Montagne Noire.* Note de MM. **Marcel Thoral** et **Bernard Gèze**, présentée par M. Charles Jacob.

De nouvelles observations nous permettent de préciser l'importance de la phase orogénique calédonienne antécaradocienne sur le versant méridional de la Montagne Noire.

Les points les plus démonstratifs sont situés dans le Minervois (Feuille géologique de Carcassonne, bordure Nord).

Par exemple, à 1^{km} au Nord des Grottes de Limouzis, dans le lit du ruisseau de les Sériès, à l'Ouest du point coté 523, sur un substratum géorgien typique formé d'un complexe schistogréseux surmonté de calcaires à *Archæocyathus*, on voit, en allant du Nord au Sud, quelques décimètres d'une roche éruptive acide offrant tous les caractères macroscopiques d'une rhyolite passant localement à un microgranite. Elle est directement en contact avec les calcaires et en enrobe des fragments, anguleux ou non, qui ne présentent aucun métamorphisme appréciable, soit à l'œil nu, soit à la loupe. Elle est surmontée de tufs et d'arkoses plus ou moins fines, paraissant formées aux dépens d'un matériel rhyolitique, et dont l'épaisseur moyenne est de 2^{m}. Au-dessus, viennent des schistes gris foncé, rougeâtres par altération, dans lesquels on recueille les premières colonies de Bryozoaires ashgilliens.

A une vingtaine de mètres de la coulée de base affleurent quelques bancs de calcaires compacts qui doivent représenter une partie du Gothlandien. Puis viennent des calcaires en plaquettes, remarquablement riches en tiges de Crinoïdes; jusqu'à preuve du contraire, nous les rangeons dans le Gothlandien-Dévonien, car ils sont sous l'Eifélien, fossilifère à peu de distance.

Un peu plus à l'Est, au Nord de Villeneuve-Minervois, les observations sont à peine différentes, avec, cependant, des fossiles plus nombreux dans le Caradoc. Sous les

calcaires en plaquettes disséminés dans les schistes ashgilliens, on trouve successivement des quartzites lustrés, des grès arkosiques et des arkoses très fossilifères, analogues à celles du ruisseau de les Sériès. De-ci, de-là, on observe de petites lentilles de poudingue à éléments d'origine locale. Ici, le substratum est constitué par la série schisto-gréseuse du Cambrien supérieur.

Avec un peu de persévérance, on peut trouver des faits analogues à la base de toutes les bandes de calcaires à entroques du Nord de la Feuille de Carcassonne. Il en est de même dans l'angle Sud-Est de la Feuille de Castres, où, toujours sous des calcaires à entroques d'âge gothlandien-dévonien, B. Grèze a recueilli de semblables grès arkosiques renfermant des graviers de quartz et des épaves de grès, de schistes et de roches éruptives rhyolitiques. Quelques-uns de ces affleurements ont pu être suivis sur la bordure Ouest de la Feuille de Bédarieux.

Ainsi nous avons la certitude qu'après l'Ordovicien inférieur, un mouvement orogénique important s'est manifesté dans la Montagne Noire. La plus grande partie de ce territoire a dû émerger et des manifestations volcaniques aériennes ont suivi le plissement. A l'Ordovicien supérieur, la mer est revenue en transgression sur un substratum déjà arasé : le Caradoc y repose tantôt sur l'Ordovicien supérieur, tantôt sur les différents termes du Cambrien jusqu'au Géorgien inclus. On peut croire qu'il s'est étendu sur les formations plus anciennes de la zone axiale d'où il a été déblayé par l'érosion. Le substratum est d'autant plus ancien et la lacune à la base du Caradoc ou du Dévonien-Gothlandien d'autant plus grande qu'on s'approche davantage de la zone axiale, c'est-à-dire que l'on gagne vers le Nord. Ce fait indique que les grands traits de la structure de la Montagne Noire étaient esquissés dès cette époque.

Les phénomènes éruptifs signalés ici sont à rapprocher de ceux qui se sont produits en Bretagne, à l'Ordovicien supérieur, et en Bohême, à la base de l'Ordovicien et dans le Gothlandien. Peut-être sont-ils contemporains des venues de rhyolites-microgranites des Monts de Lacaune.

Au total, ces nouvelles observations apportent la preuve que les mouvements orogéniques calédoniens, ou précurseurs de ceux-ci, ont revêtu une certaine importance dans la Montagne Noire. Ils ont fait émerger la plus grande partie du versant méridional depuis le Cabardès jusqu'au Lodévois, ainsi probablement que la zone axiale et le versant septentrional. Ils ont été suivis de manifestations éruptives aériennes dont l'âge est compris entre l'Ordovicien inférieur et le Caradoc supérieur; dans le Minervois ces éruptions sont contemporaines des formations à Bryozoaires du Caradoc *sensu lato*.

GÉOLOGIE. — *Phénomènes dynamiques intervenant dans le triage granulométrique des sables sur la dune et la plage du Pyla (Arcachon).* Note [1] de MM. **Louis Glangeaud** et **G. Gandil**, présentée par M. Louis Cayeux.

Sous l'influence des vents côtiers et grâce à l'afflux régulier des sables littoraux se déplaçant parallèlement au rivage, l'entrée du bassin d'Arcachon offre des dunes importantes; celle du Pyla atteint une hauteur de 100^{m}. Il se produit ici un échange continuel de matières entre les dunes côtières et les sables marins littoraux. Cette situation privilégiée nous a amenés à étudier, sur la dune et le rivage, le phénomène du triage des sables par le vent. Pour cela nous avons effectué une série de prélèvements, suivant des profils distants de 300^{m} perpendiculairement à la dune. D'autres prélèvements proviennent du Moulleau et de la bordure côtière immergée. Les grains ayant des grosseurs oscillant entre 800 et 140$^{\mu}$, l'analyse mécanique a pu être faite par tamisage à sec, en utilisant un appareil à secousses.

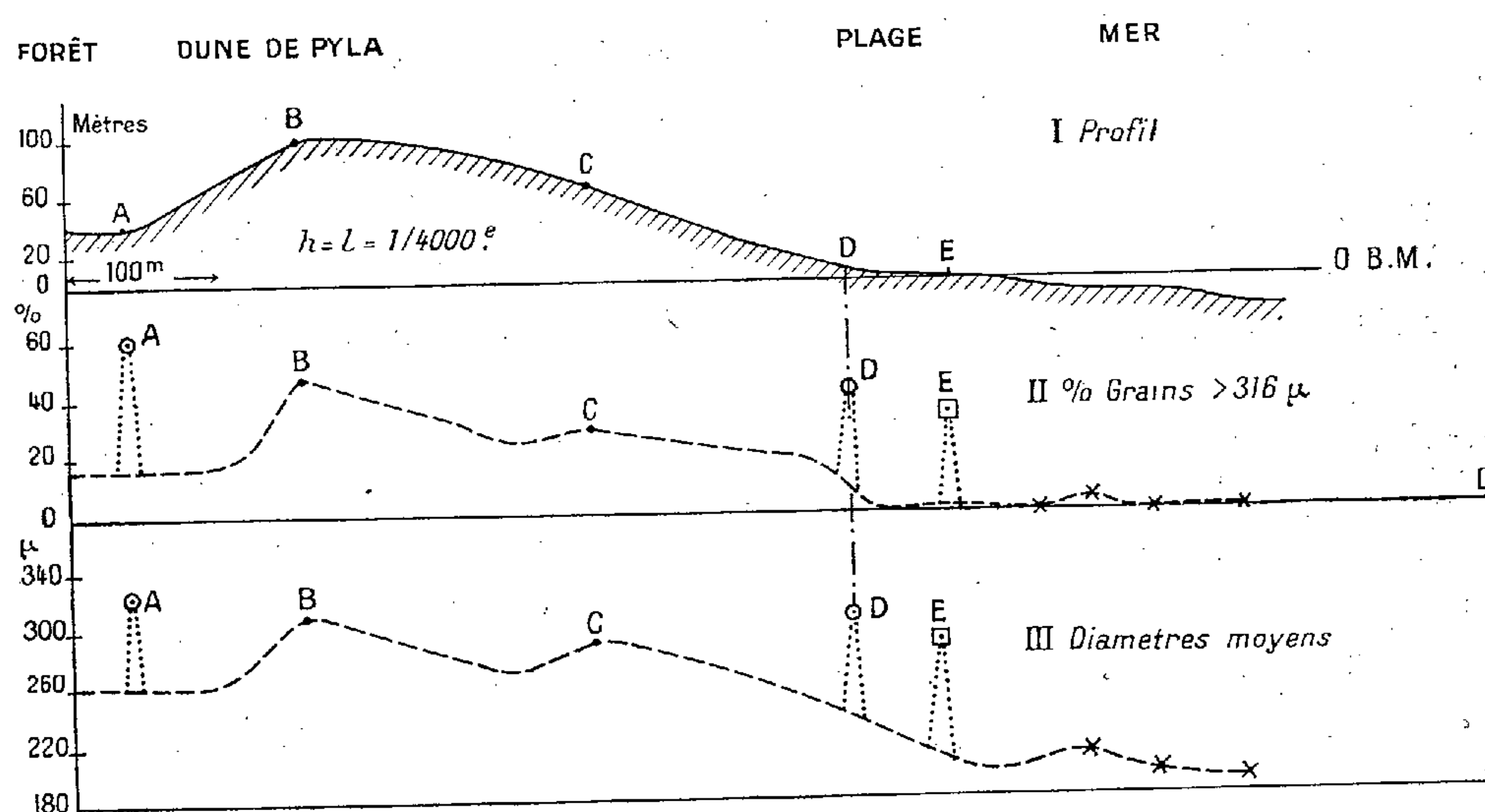
Les éléments prélevés au-dessous de la haute mer (estran, chenal, banc), jusqu'à une profondeur de 5^{m}, ainsi que les sables de la plage et de la dune du Pyla, ont des courbes granulométriques de formes assez semblables : mais elles sont décalées les unes par rapport aux autres, ainsi que le montrent les diamètres moyens (*fig.* III) calculés d'après ces courbes. Ces diamètres moyens, et le pourcentage des grains supérieurs à 316$^{\mu}$ (*fig.* II) (moyenne calculée sur plusieurs profils) montrent des variations identiques pour les différents profils. On constate sur ceux-ci : 1° une augmentation assez régulière du diamètre moyen depuis la profondeur de — 5^{m} jusqu'au sommet de la dune; 2° en quelques points singuliers (figurés par des ronds et des carrés) existent des anomalies (*en pointillés*) qui ne modifient que très localement, la variation régulière des grosseurs (*en tirets*) sur la courbe. La figure I représente un des profils de la dune et de la plage avec les points de prélèvement.

L'*augmentation de la grosseur moyenne* depuis la zone immergée jusqu'au sommet de la dune, qui paraît à première vue paradoxale, peut s'expliquer par les notions générales soulignées par l'un de nous (L. G.) pour les

(1) Séance du 18 septembre 1939.

phénomènes de triage hydrodynamiques. Les triages au cours du transport et de la sédimentation sont des phénomènes statistiques; les transports par roulement et ceux par suspension tourbillonnaire présentent entre eux une certaine indépendance.

Une grosseur de grain peut ainsi devenir dominante en un point, soit



parce que la quantité de grains apportés dans cette dimension est supérieure à celle entraînée, soit parce qu'il part plus de grains de dimension inférieure que de dimension supérieure. C'est cette deuxième hypothèse que nous retenons en attendant des vérifications expérimentales. En s'élevant vers le sommet de la dune, la turbulence du vent augmente et entraîne en suspension tourbillonnaire des quantités de plus en plus grandes de sable fin, inférieures à 300^{μ}.

En même temps des grains plus gros ou plus lourds remontent la pente avec une petite vitesse en roulant sous l'action du vent. L'entraînement par suspension tourbillonnaire joue au maximum aux points d'inflexion du profil de la dune, d'où augmentation du diamètre moyen en ces points. Pour les anomalies les plus accusées (ronds et carrés), qui correspondent aux deux points A et D situés aux bases Nord-Est et Sud-Ouest de la dune ainsi qu'à la limite inférieure E de la basse mer, on peut faire intervenir, en outre, d'autres facteurs.

A *la base de la dune*, les grains supérieurs à 300^{μ}, qui roulent plus facilement que les petits grains sous l'action de la pesanteur, trouvent, à la

rupture de pente, leur position d'équilibre. Ils s'arrêtent alors en ce point et s'accumulent. D'autre part le jusant laisse derrière lui, en son point de descente maximum (E), une zone enrichie en gros grains, par les mouvements tourbillonnaires des vagues.

Pour la partie de la *plage* située entre la haute et la basse mer (estran), le colmatage dû à l'humidité joue aussi un rôle important. L'action du vent n'est pas identique sur le sable entièrement sec et sur le sable humide. Or l'humidité du sable va en diminuant à mesure que l'on s'éloigne de la mer.

Au-dessous de la ligne de basse mer, le triage s'effectue par l'action des vagues, des marées et des courants littoraux. Entre l'embouchure de l'Adour et celle de la Garonne, la différenciation progressive des sédiments est ainsi la résultante de tous ces triages particuliers s'effectuant dans la marge dunaire, dans l'estran et dans la zone immergée.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Un séismographe vertical universel.* Note de M. **Georges Grenet**, présentée par M. Charles Maurain.

J'ai montré (¹) comment le séismographe du type Wenner permettait, comme les appareils à amplification mécanique, l'enregistrement des différentes phases des séismes lointains aussi bien que des séismes proches. Toutefois certaines précautions doivent être prises dans la construction de l'appareil afin que l'amplification reste suffisante pour les mouvements rapides du sol.

Comme beaucoup de stations possèdent seulement des séismographes horizontaux à amplification mécanique, il était intéressant de construire un appareil vertical ayant des caractéristiques analogues à celles de ces horizontaux, on aurait ainsi la possibilité de compléter utilement l'équipement de ces stations.

L'appareil réalisé dans ce but est du type faux Wenner (²), c'est-à-dire que les caractéristiques de l'appareil sont déterminées par la période et l'amortissement du galvanomètre, le réglage de la période et de l'amortissement du pendule pouvant être fait approximativement.

Le pendule vertical a été choisi un peu lourd pour ce genre d'appareils

---

(¹) G. Grenet et Mme Quenet, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 218.
(²) J. Coulomb et G. Grenet, *Ann. de Physique*, 11e série, 3, 1935, p. 354.

(1^{kg} environ) de façon à permettre l'emploi d'un galvanomètre robuste. M. Chevenard a bien voulu me procurer l'élinvar convenablement traité nécessaire à la construction du ressort, qui a été bobiné avec une forte tension initiale de façon à obtenir les caractéristiques préconisées par La Coste (*Bulletin of the Seismological Society of America*, 25, avril 1935). Grâce à l'emploi de ce ressort le pendule a pu être réglé à une période de 10 secondes sans précautions particulières; un réglage à 15 secondes peut être obtenu moyennant un peu de soin.

Le galvanomètre ayant une période de 10 secondes, les enregistrements de ce séismographe pourraient servir utilement à compléter ceux obtenus avec des appareils horizontaux à amplification mécanique dont la période est analogue, toutes les fois que la connaissance des mouvements verticaux du sol présente de l'intérêt.

L'amplification doit être limitée à 700 environ à cause de l'agitation microséismique. Cet appareil, en fonctionnement depuis peu, a donné un bon enregistrement des séismes du 21 novembre à 11^h dont l'épicentre est à environ 700^{km} de Clermont-Ferrand. Il n'a pas encore eu l'ocasion d'enregistrer des séismes proches.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur la répartition géographique de la foudre et de la grêle dans le département de l'Ariège.* Note (1) de M. **Camille Dauzère**, transmise par M. Charles Camichel.

Les trois zones relatives à la répartition géographique des points de chute de la foudre, que nous avons distinguées dans la Haute-Garonne, le Gers, les Hautes-Pyrénées (2), se retrouvent dans le département de l'Ariège.

I. *La zone à coups de foudre très rares* est le prolongement vers le Sud-Est de celles du Gers et de la Haute-Garonne. Elle comprend dans l'Ariège toute la partie septentrionale du département, au-dessus d'une ligne brisée allant du Mas-d'Azil au nord de Pamiers et au sud de Mirepoix.

Le sol de cette zone est formé : 1° à l'ouest de l'Ariège, par les molasses de l'Armagnac; 2° dans la plaine qui s'étend au nord de Pamiers, par les alluvions anciennes et récentes de l'Ariège et de l'Hers; 3° autour de Mirepoix, par les molasses du Stampien et de l'Éocène supérieur.

---

(1) Séance du 4 décembre 1939.

(2) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 1433; 208, 1939, p. 114 et 1833.

II. *La zone très foudroyée* comprend une large bande allant des confins Sud-Ouest du département, près de Sentein, jusqu'aux environs de Foix. Les territoires les plus dangereux sont : 1° le bassin supérieur du Lez, autour de Saint-Lary et de Sentein; 2° le bassin de l'Arac autour de Massat; 3° les communes d'Ustou et d'Aulus; 4° la Barguillière surtout qui forme à l'ouest de Foix le bassin de l'Arget.

Le sol est formé : par des schistes primaires dans les environs de Sentein, d'Ustou et d'Aulus; par des granites autour de Massat et dans la Barguillière. Il y a de nombreuses failles et lignes de contact de divers terrains, qui augmentent le danger.

III. Le reste du département est compris dans la *zone moyenne*, dont les propriétés sont intermédiaires entre celles des deux zones précédentes. On y trouve en particulier : 1° une bande de terrain, formée de poudingues et molasses éocènes qui est située tout à fait à l'ouest du département, et qui se prolonge dans la Haute-Garonne, entre Salies-du-Salat et Montesquieu-Volvestre; 2° les environs de Vicdessos, situés dans une bande de terrains secondaires et d'alluvions glaciaires entre deux massifs granitiques; 3° la vallée de l'Ariège et les montagnes qui la dominent en amont de Foix (alluvions anciennes et alluvions glaciaires); 4° une bande partant de Montgaillard sur l'Ariège, dirigée vers l'Est, et aboutissant à la limite du département au delà de Bélesta (calcaires et grès du crétacé).

IV. Une remarquable coïncidence existe entre les lieux souvent foudroyés et les territoires d'origine des bandes de grêle les plus habituelles. D'après les Services Agricoles du Département, ces trajectoires prennent naissance soit autour de Saint-Lary (zone très foudroyée), soit autour de Salies-du-Salat (zone moyenne), soit surtout dans la zone granitique de la Barguillière (zone très dangereuse). La direction des bandes est ensuite déterminée par le vent qui règne au moment de l'orage. Par exemple, les trajectoires des grêles issues de la Barguillière sont dirigées le plus souvent au Nord-Est, vers Varilhes, ou à l'Est vers Lavelanet et Bélesta; entre ces deux trajectoires habituelles se placent les montagnes du Plantaurel, dont le sol calcaire paraît défavorable à la propagation de la grêle, comme je l'ai déjà observé dans le département des Hautes-Pyrénées ([3]).

([3]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1833.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur des Poissons fossiles de Perse.*
Note de M. **Camille Arambourg**, présentée par M. Charles Jacob.

A la suite de leurs explorations en Perse, J. de Morgan et R. de Mecquenem ont signalé dans la région du Poucht i Kouh, au Nord du Louristan, d'importants gisements de Poissons fossiles, dont les matériaux, décrits par Priem, sont conservés dans les collections de Paléontologie du Muséum National d'Histoire Naturelle.

Au cours de l'hiver 1938-1939, j'ai repris l'exploration de ces gisements et procédé à celle de certains autres qui m'avaient été signalés dans le Sud de la Perse par MM. R. Furon et Cheik Nia.

Malgré la grande distance qui sépare ces deux groupes de gisements, les uns et les autres appartiennent à une même zone stratigraphique de la série plissée qui forme la bordure occidentale du plateau iranien.

Les premiers, situés au voisinage de la bourgade d'Elam (ancien Husseinabad), font partie d'un complexe argilo-marneux, qui ne paraît exister que dans la partie Ouest de la zone plissée, et dont les équivalents plus orientaux sont constitués de calcaires zoogènes. J'ai indiqué, dans un Ouvrage mentionné plus loin, les caractères stratigraphiques et paléontologiques de cet ensemble.

Les Poissons qui en proviennent avaient été attribués par Priem à un niveau de passage entre le Crétacé supérieur et le Nummulitique, et un certain nombre de formes crétacées avaient été indiquées parmi eux.

La révision des matériaux recueillis par mes prédécesseurs, ainsi que mes observations à la suite d'une fouille méthodique et particulièrement fructueuse des gisements d'Elam, ne me permettent point de confirmer ces conclusions.

Il s'agit en effet d'une faune exclusivement tertiaire dont les éléments principaux sont les suivants : *Palæorhynchus* cfr. *glarisianus* Ag., *Bregmaceros filamentosum* Priem sp., *Nemichthys Mecquenemi* Priem, *Gonostoma Morgani* Priem sp., ainsi qu'une série de formes inédites, appartenant aux genres *Scomber*, *Cybium*, *Gempylus*, *Lophotes*, *Beryx*, ou aux familles des Stomiatidés, Cheilodiptéridés, Brotulidés etc. Bien que la plupart de ces éléments soient spéciaux, leur cachet d'ensemble diffère nettement de celui des faunes éocènes à caractère tropical et indopacifique du bassin de la Mésogée. La présence de formes hautement spécialisées, telles que *Gonos-*

toma Morgani (espèce à photophores conservés, très voisine de *G. Mrazeci* Pauca sp. de l'Oligocène de Roumanie), *Bregmaceros filamentosum* (affine de *B. Albyi* Sauv. du Sahélien, elle-même voisine de *B. atlanticus* G. et B. de l'Atlantique), *Gempylus* sp. (forme affine de *G. serpens* actuel), *Lophotes* sp. (forme affine de *L. Cepedianus* actuel de la Méditerranée), apparente au contraire, sans aucun doute, cet ensemble à la Faune paléoméditerranéenne telle que je l'ai définie (¹) et dont l'apparition date de la période oligocène. C'est d'ailleurs, s'il en était besoin, ce que confirmerait la présence du genre *Palæorhynchus*, élément caractéristique, comme l'on sait, du Nummulitique supérieur d'Europe et, particulièrement, de l'Oligocène de la Vallée du Rhin, de Suisse, d'Italie et de Roumanie.

Il est en outre remarquable, au point de vue bionomique, que tous les éléments de cette faune ne sont représentés, dans la nature actuelle, que par des formes de grandes profondeurs ou de surface, à l'exception de toute forme littorale; la présence de Brotulidés, de Stomiatidés, de Cheilodiptéridés, ainsi que des genres *Bregmaceros*, *Nemichthys*, *Gempylus*, *Lophotes*, *Beryx* est particulièrement typique à cet égard et confère à cet ensemble un caractère exclusivement bathypélagique. Le faciès des gisements, leur situation géographique au large du massif ancien de l'Iran, sur le trajet du sillon mésogéen, concordent d'ailleurs parfaitement avec cette constatation.

Les affleurements de la zone argilo-marneuse qui contient ces gisements paraissent se poursuivre très largement vers le Sud-Est, parallèlement aux plis du Louristan. C'est, en direction, dans leur prolongement, mais à plus de 1200^{km}, que se rencontrent les autres. Ils sont situés à 200^{km} au Sud de Chiraz, près du bourg d'Estabanhat et se présentent dans les mêmes conditions que les premiers, c'est-à-dire dans une série marneuse recouverte de calcaires zoogènes. Leur faune, abondante également, comprend comme éléments principaux, avec diverses formes indéterminées : *Palæorhynchus* cfr. *glarisianus* Ag., *Etrumeus* cfr. *salmoneus* Wagn., tous deux caractéristiques de l'Oligocène moyen d'Europe, ce qui suffit à montrer l'identité stratigraphique de ces gisements et des premiers, et laisse prévoir la continuité ainsi que la similitude des faciès nummulitiques tout le long de la bordure Ouest du plateau iranien.

(¹) *Matériaux pour la Carte Géologique de l'Algérie*, Alger, 1927, 1re série, *Paléontologie*, n° 6, 298 pages, 49 figures, 46 planches.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Production de flavine et vie anaérobie chez* Eremothecium Ashbyii. Note [1] de M[lle] **Anne Raffy**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Le problème des rapports éventuels entre la présence de riboflavine dans des microorganismes et leur vie anaérobie a déjà été envisagé. Dans le cas des Bactéries, Warburg et Christian [2] ont constaté que plus une bactérie contient de flavine, plus elle est anoxybiotique, mais que, cependant, cette flavine intervient dans la respiration aérobie.

D'autre part, Lavollay et Laborey [3] ont signalé qu'*Aspergillus niger*, cultivé sur un liquide nutritif contenant une faible concentration en magnésium, formait un pigment appartenant au groupe des flavines. Il y a d'autant plus de pigment que l'organisme fonctionne davantage en agent de fermentation.

La production de riboflavine par le champignon Ascomycète *Eremothecium Ashbyii* ayant été démontrée par nos recherches antérieures [4], nous avons étudié le comportement de ce microorganisme en anaérobiose. Normalement aérobie, serait-il capable, en l'absence d'air, de continuer à végéter et à former son pigment?

Nous avons fait ensemencer des cultures dans des tubes en verre Sibor, d'un modèle utilisé par R. Gautheret [5]. Afin qu'elles soient bien comparables entre elles, la même quantité de gélose de Gorodkowa a été introduite dans chaque tube, puis y a été ensemencée de façon aussi semblable que possible à l'aide d'une souche d'*Eremothecium* régénérée sur Sabouraud. Ces cultures ont été maintenues, à l'obscurité, dans une étuve à 27° pendant toute l'expérience. Au bout de 10 jours, elles avaient nettement poussé, les mycéliums occupant à la surface de la gélose une zone circulaire de 1[cm] de diamètre environ. En même temps, une auréole jaune indiquait le début d'une diffusion de flavine dans le milieu. A ce moment deux des tubes ont été remplis d'azote pur, tandis que dans deux autres le vide était pratiqué. Ces 4 tubes ont été scellés à la lampe. Des tubes de

(1) Séance du 27 novembre 1939.

(2) *Biochem. Zeitchr.*, 266, 1933, p. 377.

(3) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1686; 205, 1937, p. 179; 206, 1938, p. 1055.

(4) A. Guilliermond, M. Fontaine et A. Raffy, *Comptes rendus*, 201, 1935, p, 1077.

(5) Chaque tube se compose de deux portions dont la supérieure longue et étroite.

verre sibor de même forme et bouchés au coton contenant des cultures analogues, mais pleins d'air, ont servi de témoins. Au bout de deux mois et demi, une première série de tubes a été examinée et la seconde série au bout de trois mois et demi.

Les dosages de la flavine ont été pratiqués par la méthode de Gourévitch ([6]) déjà appliquée par Raffy et Fontaine ([7]) aux cultures d'*Eremothecium*.

Les tubes témoins présentaient dans toute la masse de la gélose la teinte jaune d'or et la fluorescence verte caractéristiques d'une abondante formation de riboflavine. Les teneurs en ce pigment ont été trouvées de 250 γ par 10^g de milieu de culture pour les cultures âgées de 2 mois et demi et de 185 γ pour 10^g de celles de 3 mois et demi [une diminution à partir d'un certain délai a déjà été constatée ([7])]. La production a été sensiblement inférieure à celle que nous avons généralement évaluée dans les tubes ordinaires ou les flacons plats, puisque, dans ces conditions, nous trouvons 500 γ environ de riboflavine pour 10^g de milieu. La forme du tube intervient sans doute, ce qui indiquerait déjà que la production de flavine est favorisée par la présence d'air. L'étude des cultures dans le vide et l'azote confirme cette première constatation.

Au bout de deux mois et demi ou de trois mois et demi, les cultures en tubes scellés dans le vide ou l'azote n'avaient apparemment pas progressé, et après examen au microscope, il a été conclu à un arrêt de croissance.

Toutefois, la gélose était, dans ces tubes, teintée de jaune et il a été possible d'y doser les quantités suivantes de riboflavine exprimées en γ pour 10^g de gélose : culture dans le vide âgée de 2 mois et demi, 33; âgée de 3 mois et demi, 54; culture dans l'azote âgée de 2 mois et demi, 59; âgée de 3 mois et demi, 39.

Il y a donc, dans le vide comme dans l'azote, une faible production de flavine. D'abord un peu plus importante dans l'azote, elle baisse dans les cultures plus âgées tandis qu'elle continue dans le vide, mais demeure dans tous les cas notablement inférieure à ce qu'elle est en milieu aérobie. En l'absence d'air, le champignon végète du reste fort mal et sa croissance est arrêtée. Elle est, au contraire, favorisée par une aération facile de la culture (tubes ou flacons offrant de larges surfaces de gélose sur laquelle le mycélium peut se développer). La pigmentation est moins intense dans les

([6]) *Bull. Soc. Chim. biol.*, **19**, 1937, p. 125.
([7]) *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 1005.

tubes étroits. Le fait qu'elle est réduite en milieux liquides (ainsi que nous l'avons antérieurement noté) s'explique de même par l'insuffisant contact avec l'air d'un mycélium mouillé par le liquide. Nous avons donc, avec *Eremothecium Ashbyii*, un exemple typique d'un microorganisme producteur de riboflavine en aérobiose. Nous avons, de plus, fait l'observation suivante. A l'examen en ultraviolet les préparations méthyliques des cultures anaérobies offrent une fluorescence bleuâtre au lieu de la fluorescence verte caractéristique des flavines. Une autre substance à fluorescence bleue y est manifestement mêlée. Or il est possible de mettre en évidence dans les extractions méthyliques des cultures normales d'*Eremothecium* l'existence d'une telle substance. La préparation examinée en ultraviolet présente la fluorescence vert jaune caractéristique des flavines que l'hydrosulfite éteint. Mais, si l'on fait agir ce réducteur de façon très ménagée, la fluorescence verte s'éteint tout d'abord, tandis qu'apparaît une fluorescence bleue que des doses plus fortes d'hydrosulfite suppriment à son tour. Fontaine et Busnel ([8]) ont, les premiers, pratiqué cette réaction sur des préparations d'yeux de poissons et ont ainsi constaté la coexistence habituelle de flavine et d'une substance à fluorescence bleue. Celle-ci, du reste, n'est présente, dans les cultures aérobies, qu'en faibles proportions par rapport à la flavine dont la fluorescence verte masque l'autre.

PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Action du froid sur le développement de l'œuf chez les Batraciens.* Note ([1]) de M. **Jean Rostand**, présentée par M. Maurice Caullery.

On peut, chez les Batraciens, soumettre l'œuf fécondé, sans le faire périr, à une température voisine de celle de la congélation. Les phénomènes de segmentation se trouvent alors inhibés, mais ils reprennent dès qu'on replace l'œuf à la température du laboratoire, et le développement embryonnaire s'accomplit de façon apparemment normale, à la condition que le refroidissement n'ait pas été trop prolongé.

Chez le Crapaud ordinaire (*Bufo vulgaris*), l'œuf fécondé peut encore se développer après avoir subi un refroidissement de quinze à vingt heures; après vingt-quatre heures, il est généralement tué.

([8]) *C. R. Soc. biol.*, 128, 1938, p. 370.

([1]) Séance du 4 décembre 1939.

J'ai constaté, au cours d'une série d'expériences, dont les premières remontent à 1933 ([2]), que le développement des œufs ainsi refroidis présente des particularités remarquables

La combinaison hybride *Bufo vulgaris* ♀ × *Rana temporaria* ♂ ne donne *jamais* de larves dans les conditions normales, en raison de la désharmonie chromosomique qui interdit à l'embryogenèse de franchir le stade gastrulaire. Or, si l'on refroidit longuement (à 0°) les œufs après la fécondation, on obtient un certain nombre de larves, qui sont du pur type maternel et sont évidemment de nature *gynogénétique*, c'est-à-dire produites sans la participation du noyau mâle : preuve que le refroidissement de l'œuf peut avoir pour conséquence d'empêcher l'amphimixie ([3]).

En outre ces larves gynogénétiques sont de deux sortes : les unes, débiles, naines, hydropiques, d'éclosion difficile, incapables de vivre plus de trois semaines, présentent tous les caractères des larves *haploïdes* (*n* chromosomes); les autres, vigoureuses, capables de franchir la métamorphose, sont en tous points semblables aux larves *diploïdes* (2*n* chromosomes) qui naissent de la fécondation normale ([4]). En présence de ces résultats, je me croyais autorisé à conclure que *le traitement par le froid, en certains œufs, non seulement détermine la gynogenèse, mais encore la duplication chromosomique*. Cette conclusion s'appuyait, de surcroît, sur les faits suivants. Si l'on superpose le traitement par le froid aux procédés classiques de gynogenèse (fécondation hétérogène, fécondation par un sperme intoxiqué) ou de parthénogenèse (inoculation de sang), on augmente sensiblement la proportion des larves robustes ([5]). Ainsi, dans une expérience faite l'an dernier sur la combinaison *Bufo vulgaris* ♀ × *Pelobates fuscus* ♂ (combinaison qui produit, par faux-hybridisme, des larves gynogénétiques, d'ordinaire haploïdes), je tirai, d'un lot d'une centaine d'œufs refroidis, trente larves, dont six purent franchir la métamorphose, tandis que, d'un lot témoin, je ne tirai que cinq larves, dont une seule put se métamorphoser.

([2]) *Comptes rendus Soc. Biol.*, **113**, 1933, p. 346; **115**, 1934, p. 1680; **122**, 1936, p. 1012.

([3]) Mêmes résultats avec la combinaison *Hyla arborea* ♀ × *Rana temporaria* ♂, qui, elle non plus, ne donne jamais de larves dans les conditions habituelles.

([4]) Je n'ai pu compter exactement les chromosomes de ces larves vigoureuses, mais j'ai pu m'assurer que leur nombre dépassait notablement le nombre haploïde.

([5]) Les œufs refroidis après simple piqûre (sans inoculation) ne donnent jamais de larves.

La formation d'un noyau diploïde, sous l'effet du refroidissement de l'œuf, ne saurait plus être mise en doute depuis les intéressantes recherches de G. Fankhauser et Griffiths ([6]). Ces auteurs, en refroidissant les œufs fécondés d'un Triton (*Triturus viridescens*), ont obtenu, d'une part, des larves haploïdes qui correspondent aux larves gynogénétiques déjà obtenues chez *Bufo* et chez *Hyla*; d'autre part, de nombreuses larves *triploïdes*, qui ont certainement pour origine la fécondation d'un noyau ovulaire diploïde ([7]).

Le refroidissement de l'œuf, chez les Batraciens, apparaît donc comme un procédé expérimental d'une assez grande efficacité. En prévenant l'amphimixie, il permet d'obtenir des larves gynogénétiques à partir des combinaisons hybrides abortives ou des œufs fécondés par le sperme de l'espèce. En produisant le doublement des chromosomes, il permet d'obtenir des larves diploïdes à partir des combinaisons fausses-hybrides ou des œufs soumis à un traitement parthénogénétique; des larves triploïdes à partir des œufs normalement fécondés.

Il permettra peut-être d'obtenir la gynogenèse dans des espèces (Insectes, Mammifères) où les procédés habituels sont difficilement applicables. Chez le Ver à soie, je n'ai pu réussir jusqu'à présent à produire la gynogenèse par le refroidissement de l'œuf ([8]), mais il y aurait lieu de renouveler ces essais sur d'autres Insectes, et notamment sur la Drosophile.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Élevage de Poulets de souche exclusivement femelle.* Note de M. **Christian Champy**, présentée par M. Maurice Caullery.

C'est un fait aujourd'hui bien connu que, chez les femelles de Gallinacés, l'ablation de l'ovaire gauche, seul fonctionnel, entraîne une hypertrophie

---

([6]) *Proc. Nat. Acad. Sc. Washington*, 25, 1939, p. 233.

([7]) Le nombre des chromosomes des larves était déterminé par examen des cellules épidermiques dans un fragment amputé de l'extrémité caudale.

([8]) L'expérience était faite de la manière suivante. Des femelles à caractère récessif étaient croisées avec des mâles à caractère dominant. Tout de suite après la ponte, les œufs étaient refroidis à 0° pendant 15 heures. Si des larves gynogénétiques s'étaient produites, elles eussent été reconnaissables à la présence du caractère récessif maternel.

de la glande droite, restée embryonnaire et qui devient généralement un testicule plus ou moins parfait [Zawadowsky, Pézard, Crew, Fell, Gray, Champy etc. (1)]. Ce testicule est généralement suffisant, au point de vue hormonal, pour entraîner la transformation de tous les caractères sexuels externes et donner à une poule l'apparence d'un coq [phénomène de Zawadowsky (2)]. Plus rarement, le testicule est le siège d'une spermatogénèse plus ou moins complète, avec développement plus ou moins complet, des canaux sexuels. Domm a essayé, avec de tels animaux, des fécondations artificielles pour résoudre la question de l'hérédité du sexe.

Parmi de nombreux animaux opérés, une poulette Leghorn dorée (n° 88, née en mai 1938, castrée en juin, masculinisée fin janvier 1939) a montré un développement particulièrement complet des caractères et des instincts du mâle, essayant de cocher les autres poules.

Ces essais n'étaient pas féconds avec les poules de même race, sans doute à cause de l'égalité de taille entre elles et la poule masculinisée, peu favorable à l'accouplement, la différence de taille sexuelle chez les poulets étant régulière dans une même race.

Je l'ai donc croisée avec poule phénix plus petite, dont la taille était mieux adaptée à la sienne (poule de race pure, née au laboratoire en mai 1938). Toutes les précautions d'isolement ont été prises par rapport aux coqs véritables, plusieurs mois avant l'époque de la ponte.

Parmi de nombreux œufs clairs, j'ai réussi à élever quatre poulets de ces œufs. Ces poulets ont donc pour parents deux femelles, une normale, l'autre masculinisée, mais génétiquement femelle.

---

(1) Crew, *Proc. Roy. Soc.*, 95, 1923, p. 256; Domm, *Proc. Soc. exp. Biol. Méd.*, 26, 1929, p. 338-341; *Anat. Rec.*, 1930, p. 297; B. Fell, *Brit. Journ. of exp. Biol.*, 1, 1923, p. 97; Goodale, *Biol. Bul.*, 30, 1916, p. 286; Gray, *Americ. Journ. of Anat.*, 46, 1930, p. 217-260; Pezard, *Ann. Sc. Natur., Zool.*, 83, 1922, p. 104-106; Riddle, *Anat. Rec.*, 30, v, 1925; Zawadowsky, *Das Geschlecht u. die Entwicklung der Geschlechtsmerkmale*, Moscou, 1922 (éd. U.R.S.S.).

(2) Cependant Zawadowsky a signalé déjà que la taille reste celle d'une poule (sensiblement plus petite que chez le mâle). Je l'ai constamment vérifié. Les pattes restent aussi plus courtes relativement, comme chez la poule. Ces deux caractères ne permettent pas de confondre une poule masculinisée avec un coq. La taille sexuelle semblerait ainsi un caractère sexlinked. Il faut être cependant très réservé, d'autres exemples, comme celui du pénis des canards, montrant qu'il s'agit peut-être simplement d'un caractère très précoce et irréversible.

Les quatre poussins ont été des femelles, deux très analogues aux phénix, deux très analogues aux Leghorn. Ils sont aujourd'hui adultes.

Les plumages phénix et Leghorn doré sont assez semblables, les races diffèrent par la taille. Les phénix ont de plus les pattes noires (jaunes chez les Leghorn), l'oreillon rougeâtre (blanc chez les Leghorn), la crête droite chez les poules (cassée chez les Leghorn). Le plumage est d'un roux plus vif, avec une tache roux intense sous le cou, qui, dans les croisements, se montre persistante et dominante (par exemple le croisement phénix-Leghorn blanc donne des animaux blancs à tache gutturale rousse), et un axe clair à diverses plumes, qui est généralement récessif. Dans chacun des quatre animaux, on avait des traces du mélange racial; les deux grandes poulettes ont une tache gutturale foncée, la crête presque droite; le reste est de type Leghorn : pattes jaunes, plumage clair, etc. Les deux petites poulettes ont, l'une l'oreillon blanc des Leghorn, l'une a mûri et s'est féminisée rapidement comme les Leghorn, tandis que sa sœur garde encore des plumes de type juvénile androïde, comme cela a lieu chez les phénix. J'ai montré que ce caractère de maturition tardive est héréditaire.

En somme les quatre poulettes présentent des traces d'hybridation. La taille raciale apparaît ici comme un caractère allélomorphe, ce qui n'est pas toujours le cas.

Il serait imprudent d'affirmer, sur quatre animaux seulement, l'hérédité du sexe; cependant une quadruple coïncidence est déjà rare et constitue un fait en faveur de cette idée. Ce serait d'ailleurs en contradiction avec la théorie chromosomienne acceptée chez les Gallinacés, qui admet que les femelles ont des gamètes de deux sortes, qui devraient reproduire un mâle sur deux. Nous espérons que l'élevage de l'an prochain sera plus nombreux et partant plus favorable pour trancher cette question.

Il paraît, en attendant, intéressant de signaler la mise au point de cette technique, qui permet d'élever des produits sans père et de traiter la question de l'hérédité du sexe par des expériences directes.

Observations à propos de la Note précédente, par M. **Maurice Caullery**.

Il est intéressant de rappeler, à propos de l'intéressante Note de M. Ch. Champy, un résultat expérimental du même ordre, sur les Batraciens. Chez les Crapauds (*Bufonidæ*) existe, à côté des glandes génitales fonctionnelles, chez le mâle comme chez la femelle, un organe connu depuis longtemps, l'organe de Bidder, qui a la structure d'un ovaire rudimentaire, dont les ovules régressent régulièrement sans jamais élaborer

de vitellus. Or, en pratiquant la castration, c'est-à-dire en enlevant les testicules ou ovaires fonctionnels, Harms (1), puis Mlle Kitty Ponse (2), ont vu l'organe de Bidder, ne subissant plus l'inhibition des gonades fonctionnelles, évoluer cette fois en un ovaire, dont les ovules mûrissent, tandis que les oviductes se développent chez le mâle opéré, qui s'est ainsi transformé en une femelle capable de pondre.

Les auteurs cités ont pu faire féconder les ovules de l'organe de Bidder chez le mâle castré par des spermatozoïdes d'un mâle normal, obtenant ainsi de jeunes crapauds ayant deux pères et pas de mère, cas inverse de celui réalisé par M. Champy chez la poule. Il y a aussi, dans ce cas, des anomalies statistiques quant au sexe des produits ainsi obtenus. Harms a observé une proportion de 2 ♂ : 1 ♀ (184 individus examinés histologiquement), au lieu de 1 ♂ : 1 ♀ ; Mlle Ponse, sur plus de 400 jeunes crapauds (issus de plusieurs pontes), *n'a obtenu absolument que des mâles*. En discutant ces résultats, elle émet finalement l'hypothèse que tous ces individus pourraient provenir d'œufs où le spermatozoïde fécondateur n'aurait pas participé à la constitution du noyau définitif, qui serait cependant diploïde (*gynogenèse*) (3).

La séance est levée à 15h20m.

A. Lx.

---

(1) *Zeit. ges. Anat.*, 69, 1923, p. 598-629.
(2) *Proc. 2d Intern. Congr. for Sex-research*, 1930, p. 202-210.
(3) Cf. Rostand, *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 902.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE NOVEMBRE 1939.

Publications du Muséum national d'histoire naturelle. La vie et l'œuvre de René Desfontaines, par AUGUSTE CHEVALIER. Paris, Éditions du Muséum, 1939; 1 vol. 25^{cm}.

American mathematical Society Colloquium Publications. Vol. XXIII. *Orthogonal Polynomials*, par GABOR SZEGÖ. New-York, American mathematical Society, 1939, 1 vol. 26^{cm}.

Academia da Ciências de Lisboa. Sôbre o paralelismo de curvas e superficies, par PEDRO JOSÉ DA CUNHA. Lisboa, 1936; 1 vol. 19^{cm},5.

Id. *Novas considerações sôbre o paralelismo de curvas e superficies*, par PEDRO JOSÉ DA CUNHA. Lisboa, 1938; 1 vol. 19^{cm},5.

Id. *Aplicacões da teoria do paralelismo das curvas torsas*, par PEDRO JOSÉ DA CUNHA. Lisboa, 1939; 1 vol. 19^{cm},5.

IV Congresso internazionale di Patologia comparata. IIe Volume : *Atti e Communicazioni. Roma*, 15-20 *maggio* 1939-XVII. Milano, Industrie grafiche Italiane Stucchi, 1939-XVII; 1 vol. 25^{cm}.

1830-1930. Collection du Centenaire de l'Algérie. Études scientifiques et mise en valeur. *Géologie appliquée de l'Algérie. Métallogénie, Hydrogéologie, Agrogéologie*, par M. DALLONI. Paris, Masson et Cie, et Alger, La Typo-Litho et Jules Carbonel réunis. 1933; 1 vol. 24^{cm}.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE PUBLIQUE ANNUELLE DU LUNDI 18 DÉCEMBRE 1939.

PRÉSIDENCE DE M. GEORGES PERRIER.

En ouvrant la séance, M. **Georges Perrier** prononce au nom de M. Auguste Béhal l'allocution suivante :

Messieurs,

En cette séance solennelle, votre Président a le devoir douloureux d'évoquer le souvenir de ceux des nôtres, hélas toujours nombreux, qui nous ont quittés au cours de l'année qui va finir, laissant toujours derrière eux une belle carrière et des travaux faisant partie du patrimoine de la Science française et de l'Académie.

Aujourd'hui, je dois évoquer en quelques mots l'œuvre de quatre de nos Confrères, deux Membres titulaires, un Membre libre, un Associé étranger.

Lazare-Eugène Fichot, né au Creusot, en 1867, appartenait au corps savant des ingénieurs hydrographes de la Marine. Sa belle carrière avait abouti à la situation de Chef suprême. Il était des nôtres depuis 1925; il honorait aussi le Bureau des Longitudes et l'Académie de Marine.

Comme vous le savez, les ingénieurs hydrographes ont dans leur domaine les côtes françaises et aussi celles de la France d'Outre-mer. Dans cette dernière, il a travaillé pour Madagascar et pour l'Indochine.

Sur la côte orientale de la Grande Ile, au large du cap Saint-André, se trouvent de grands massifs coralliens; ils l'ont mis dans la nécessité d'imaginer une méthode de caractère général permettant la détermination des reliefs et des contours des bancs submergés. En Indochine, il s'est occupé des côtes de l'Annam et, au Tonkin, de la baie d'Along, où il a découvert de nombreuses roches dangereuses pour la navigation. En ce qui concerne la France, je me bornerai à indiquer sa signalisation, dans la rade de Cherbourg, de roches jusqu'alors inconnues. Les navigateurs de l'estuaire de la Gironde lui doivent aussi de la reconnaissance pour ses observations perspicaces.

A côté de ces travaux savants, d'ordre pratique, Fichot s'est montré mathématicien, dont la valeur était fort appréciée de Poincaré. Il s'est particulièrement occupé de l'étude théorique des marées; il ne s'est pas contenté d'écrire des mémoires réservés à des spécialistes, il a publié un ouvrage de forme accessible, et dans lequel cependant abondent les résultats inédits de ses recherches personnelles.

Esprit pondéré, impartial et de bon conseil, Fichot était un confrère de relations agréables et tout à fait sûres.

Charles Barrois, mort il y a quelques semaines dans sa 89[e] année, était le doyen des géologues français et l'un des géologues les plus complets de sa génération.

Issu d'une famille d'industriels du Nord, il put, sans souci de l'avenir, se livrer tout entier à sa précoce vocation de naturaliste et particulièrement de géologue, fréquenter à son gré les pays étrangers, apprendre leurs langues et y entreprendre des travaux. Il eut la bonne fortune de trouver, à Lille même, le maître éminent, Jules Gosselet, dont il fut bientôt l'élève favori, le collaborateur et plus tard le successeur. Ils ont créé ainsi une brillante école de géologues, qui fait grand honneur à la France. De l'œuvre considérable de Barrois, il est facile de distinguer les traits principaux.

Dans sa thèse de doctorat, consacrée à la Craie d'Angleterre et d'Irlande, il montra son synchronisme avec celle de notre pays. Plus tard, il publia un gros Ouvrage sur les formations primaires du Nord-Ouest de la Meseta espagnole, en Galicie et dans les Asturies. Ces deux œuvres sont restées classiques.

En 1884, Barrois fit partie de la mission envoyée en Andalousie par l'Académie, sous la direction de F. Fouqué, à la suite d'un violent tremblement de terre. Il en rapporta un Mémoire important sur la Sierra Nevada.

Mais son œuvre capitale consiste dans l'étude de la région armoricaine, comprenant la Bretagne et ses alentours. Pendant plus d'un demi-siècle, il n'a cessé de la parcourir et de la fouiller à tous les points de vue, tectonique, stratigraphie, paléontologie, pétrographie rendue particulièrement intéressante par les phénomènes de métamorphisme. A Barrois, l'on doit le lever de plus d'une vingtaine de feuilles de la carte géologique au 1/80000[e], couvrant cinq départements français.

Malgré l'immensité de cette œuvre, il s'est beaucoup intéressé au Bassin franco-belge carbonifère, à la fois des points de vue scientifique et économique. C'est surtout en cela qu'il a été le continuateur de Gosselet et l'organisateur de l'Institut géologique de Lille.

Son renom et son autorité s'étendaient bien au delà de notre pays.

A l'Académie, il avait succédé à Fouqué, en 1904; il en a été le Président en 1927.

Comme Fichot, PAUL SÉJOURNÉ, né à Orléans en 1851, était aussi un polytechnicien, ingénieur du Corps des Ponts et Chaussées, mais la plus grande partie de son existence a été consacrée au service de la Compagnie des Chemins de fer de P.-L.-M. dont il devint un des sous-directeurs.

Sa spécialité était celle des ponts en maçonnerie. Technicien d'envergure, il était célèbre par l'élégance de ses ouvrages et l'originalité de ses méthodes de construction des voûtes à grande portée. Aussi fut-il chargé à l'École des ponts et chaussées du cours de *Ponts en maçonnerie*. Son enseignement a été donné à un nombre considérable d'ingénieurs; il l'a magnifié dans une œuvre intitulée *Les grandes Voûtes*, dont les six beaux volumes in-4° sont richement illustrés.

Sa réputation était universelle, et elle lui valut de hautes récompenses. Il fut élevé au grade d'inspecteur général des ponts et chaussées, que contribuèrent à lui faire obtenir les services rendus par lui pendant la grande guerre.

Il était Académicien libre depuis 1924.

En choisissant, en 1928, EDMUND BEECHER WILSON comme Associé étranger, l'Académie voulut rendre un hommage à l'une des plus éclatantes illustrations de la Biologie américaine. Ses travaux ont été surtout effectués dans l'Université Colombia de New-York. Ils couvrent un champ très vaste et l'ont conduit à ouvrir plusieurs des voies maîtresses de la Biologie contemporaine.

Dans l'Embryologie expérimentale, par exemple, il a réalisé plusieurs œuvres capitales, dont la principale est la découverte et l'établissement des relations générales existant entre la détermination du sexe et les chromosomes de la cellule.

La Cytologie ne lui doit pas moins, et son livre *La cellule* est entre les mains de tous ceux qui s'intéressent aux questions biologiques.

Très nombreux sont les disciples qui, sous sa direction, se sont formés à la recherche scientifique.

L'Académie a perdu plusieurs de ses Correspondants : deux astronomes, deux chimistes et un minéralogiste.

Après avoir débuté par des travaux de mécanique céleste, Sir Frank Dyson est entré très jeune à l'Observatoire de Greenwich, où il a pris part à d'importantes déterminations de longitude, puis à plusieurs missions consacrées à l'observation d'éclipses de Soleil; il s'est livré aussi à de nombreux travaux d'astronomie stellaire. Considéré comme un des premiers astronomes de la Grande-Bretagne, il a été successivement astronome royal d'Écosse en 1910, puis astronome royal d'Angleterre. Dans ce poste suprême, il a continué ses recherches avec non moins d'activité. Correspondant du Bureau des Longitudes depuis 1912, il avait été élu en 1914 Correspondant de notre Section d'Astronomie.

Dès sa sortie de l'École Polytechnique, Louis Fabry va se consacrer à l'Astronomie. Après un court stage à l'Observatoire de Paris, en 1886, il est nommé à l'Observatoire de Nice que venait de créer notre Confrère Bischoffsheim, et quatre ans plus tard, il entre à l'Observatoire de Marseille, sa ville natale, qu'il n'allait plus quitter. Il s'est spécialisé dans des recherches de mécanique céleste appliquée, et singulièrement dans des problèmes concernant les orbites de comètes ou de petites planètes. Elles lui valurent d'être nommé, en 1919, Correspondant de l'Académie, où devaient le rejoindre deux de ses frères.

La Section de Chimie déplore la mort de Marcel Godchot, qui était non seulement un excellent chimiste, mais aussi un organisateur remarquable. Il a su créer et animer loin de Paris un centre de travail à la fois actif et productif. Professeur à la Faculté des Sciences de Montpellier en 1919, il en devient doyen deux ans plus tard, et il n'a jamais cessé de l'être. On lui doit la réédification de l'Institut de Chimie de sa Faculté sur un plan original. Son œuvre scientifique a été essentiellement consacrée à la chimie des composés hydrocycliques, dans laquelle il a entraîné de nombreux élèves.

Sir William Jackson Pope, qui fut longtemps professeur à l'Université de Cambridge, a laissé en chimie et notamment en stéréochimie une place brillante et durable. Cristallographe habile autant que chimiste, il s'est passionné pour l'œuvre de Pasteur, de Le Bel et de Van't Hoff, qu'il s'est efforcé de compléter.

La nature des racémiques et leur distinction avec les agrégats ou juxtapositions de corps actifs, l'existence ou la non-existence des racémiques liquides, l'influence de substances actives sur les dédoublements spontanés,

l'activité optique sous toutes ses formes, la création de nouveaux types de corps actifs et bien d'autres questions sont celles dont s'occupaient sans relâche Sir WILLIAM JACKSON POPE et ses collaborateurs.

Il se plaisait dans les réunions internationales de chimistes; parlant le français, l'allemand et l'italien, avec autant d'élégance que sa langue maternelle, il les présidait avec une autorité exceptionnelle. Sa courtoisie contribuait à son succès. La France avait en lui un ami fidèle.

Parmi les minéralogistes de notre temps, il en est peu qui aient été aussi passionnés pour leur science que leur doyen GIUSEPPE RAIMONDO PIO CESÀRO, qui vient de mourir à l'âge de 90 ans. Né sur les flancs du Vésuve de parents italiens, plus tard naturalisé belge, il a fait une longue carrière de travailleur libre tout d'abord, puis de professeur à l'Université de Liége. Il était doué d'un grand talent d'exposition, de simplicité, de clarté, d'élégance, encadré par un enthousiasme communicatif rappelant plus le soleil de son pays natal que les brumes du Nord; sa caractéristique a été la passion de l'observation de la Nature et surtout des minéraux cristallisés. Il les aimait pour leur beauté qu'il admirait en artiste autant qu'en homme de science. On lui doit un grand nombre de travaux de mathématique, de physique, de chimie, appliqués à la cristallographie, et de minutieuses descriptions géométriques et chimiques de minéraux, avec une prédilection marquée pour ceux du sol de la Belgique et du Vésuve.

La tradition veut que votre Président parle de la science qui lui a valu l'honneur de faire partie de notre Académie.

Me conformant à l'usage, je me propose de jeter un rapide coup d'œil sur l'œuvre accomplie dans une petite partie de la Chimie et sur ce que l'on peut en attendre encore.

La Chimie est une des sciences qui a rendu le plus de services à l'humanité.

Il n'est, pour ainsi dire, aucun produit que l'homme utilise pour son existence qui échappe à son emprise. La Chimie a, en effet, aidé la nature, l'a suppléée là où elle était déficiente et l'a surpassée dans d'autres cas.

Dans la métallurgie, elle a contribué à obtenir les métaux à l'état de pureté et à préparer des alliages résistants de métaux légers qui ont permis la conquête de l'air.

Dans l'industrie agricole, elle a produit des engrais qui augmentent les récoltes et améliorent leur qualité. Elle a permis de lutter contre les dévastations causées par les insectes et par les microbes.

Dans l'industrie des parfums, elle en a reproduit le plus grand nombre comme, par exemple, celui de la vanille, la vanilline, et celui de la violette, l'ionone, et à meilleur compte que nous les donne la Nature. Elle en a créé qui n'existent point dans le monde végétal.

Dans l'industrie des matières colorantes, elle a reproduit l'alizarine et la purpurine que nous donnait la garance, dont la culture a dû disparaître devant cette production.

De même, elle prépare, par voie synthétique, l'indigo, matière colorée produite par l'indigotier.

Elle a, dans ce groupe, trouvé des séries entières de matières colorantes plus stables à la lumière et au lavage que les composés naturels, comme dans le groupe de l'anthracène, d'autres, plus brillantes, comme celles du groupe du triphénylméthane.

Enfin elle a découvert des matières colorantes qu'on désigne sous le nom de directes, qui se fixent sans mordançage sur le coton et les fibres végétales, réalisant ainsi une économie de main-d'œuvre et de produit.

Mais c'est dans l'industrie pharmaceutique qu'elle a rendu le plus de services à l'humanité, trouvant des médicaments qui calment la souffrance, qui détruisent les microbes *in situ* et rivalisent dans ce domaine avec la physiologie et la biologie. Elle a, en effet, reproduit synthétiquement, par exemple, l'agent actif des capsules surrénales, l'adrénaline, et celui de la glande thyroïde, la thyroxine. Son œuvre s'étend, aujourd'hui, aux groupes, récemment découverts, des vitamines et des hormones où, déjà, elle a réalisé des synthèses de ces produits que la Nature ne nous offre qu'avec parcimonie.

Dans l'industrie des textiles, le coton joue un très grand rôle; duvet soyeux qui enveloppe les graines du cotonnier, il est constitué au point de vue chimique par de la cellulose pure, élément de soutien des plantes herbacées et formant, en partie, le tissu ligneux des végétaux.

La cellulose, traitée dans des conditions spéciales par l'acide nitrique, donne la poudre sans fumée, à laquelle est attaché le nom de notre confrère disparu Paul Vieille.

Mais ce même dérivé nitré constitue, pour l'industrie que nous envisageons, la matière première de la soie artificielle trouvée par notre Confrère Chardonnet (Comte Hilaire Bernigaud de Chardonnet). En effet, dissous dans l'alcool et l'éther, il fournit une solution qui, étirée en fils, dénitrés et séchés, constitue la soie artificielle.

La cellulose, traitée par d'autres procédés (acétyl-cellulose, viscose, etc.)

conduisant à des résultats semblables, a créé dans le monde une industrie considérable : celle de la *rayonne*.

Ainsi, partant d'un produit destiné aux usages de la guerre, on prépare artificiellement un textile qui servira à protéger l'homme des intempéries.

Cette même nitro-cellulose va donner par simple dissolution les collodions photographiques et pharmaceutiques.

Par addition de camphre, elle fournit le celluloïd, dont l'emploi est considérable.

*
* *

Des trois règnes qui constituent le monde, si nous considérons le minéral comme immuable, nous nous apercevons que le végétal règle la vie du règne animal, qui est sous sa dépendance directe ou indirecte.

Si nous voulons faire une comparaison entre l'œuvre de la Nature et celle du chimiste, c'est celle du règne des végétaux que nous devons prendre comme exemple, le règne animal ayant pu trouver dans le premier, qui lui sert de nourriture, les édifices moléculaires qui constituent une partie de son être.

Envisageons quels sont les moyens qui sont à la disposition du chimiste pour reproduire ce que l'on trouve dans le règne végétal. Il a à sa disposition la chaleur, la pression, le temps et les produits sur lesquels il veut agir. Il est maître de faire varier chacun de ces facteurs. Examinons maintenant, au contraire, une plante : sa source de chaleur est constituée essentiellement par le Soleil, et elle est très variable. Le Soleil, même par temps radieux, suivant les heures et suivant les saisons, fournit sur une même surface un nombre de calories essentiellement variable et qui devient nul pendant la nuit. Or les réactions chimiques sont sous la dépendance étroite de la chaleur.

Quant aux trois autres facteurs, seule la pression, représentée ici par la pression osmotique, peut être sensiblement constante.

Les quantités de produits qui jouent un rôle fondamental ne peuvent être envisagées, et la durée des réactions ne peut pas être définie.

La sève qui amène dans toutes les parties de la plante les substances, dissoutes dans l'eau, puisées dans le sol par osmose, peut avoir une composition sensiblement constante dans un même lieu, mais ne renferme que des substances minérales.

Quant au carbone, qui représente l'élément caractéristique du règne végétal, il y est introduit surtout par la fonction chlorophyllienne, qui

restitue à l'atmosphère l'oxygène provenant de l'acide carbonique. Ce carbone trouve à sa disposition les éléments de l'eau, s'y combine et forme le premier chaînon des produits dont la plante va faire la synthèse.

Ce travail, qui est éminemment sous la dépendance du Soleil, est discontinu, et ceci nous permettra de comprendre pourquoi, des phénomènes intérieurs d'hydrogénation et d'oxydation pouvant se produire en dehors de la lumière, le travail repris à nouveau conduira presque fatalement à un mélange, le Soleil, en effet, créant un nouveau maillon et continuant son œuvre, si cela est possible, sur les produits déjà formés. Ainsi s'explique la composition complexe de l'essence d'une même plante. Pour citer un exemple, on peut mentionner que l'essence d'ylang-ylang renferme plus de vingt corps différents.

On peut se demander quelle est la source des produits qui servent de base aux synthèses. En dehors de ceux qui nous sont fournis actuellement par les plantes, les autres proviennent également de sources végétales : les houilles et les pétroles. Les houilles, dont les corps de distillation, à côté des produits gazeux, fournissent un goudron d'où l'on peut extraire un grand nombre de carbures, qui sont les matières premières de la plupart des synthèses de produits cycliques. Les pétroles rectifiés, au contraire, constituent les matières premières pour la synthèse des produits acycliques.

C'est par le travail organisé méthodiquement que l'homme a égalé la Nature dans le monde inanimé de ses produits, qu'il l'a même surpassée en créant un grand nombre de corps qu'elle ne fabrique pas.

Si l'on songe qu'il n'y a pas beaucoup plus d'un siècle que cette œuvre est entreprise, on est en droit de penser, avec une certitude presque absolue, qu'elle conduira à l'amélioration de l'espèce humaine aussi bien du point de vue matériel que du point de vue mental, prolongeant la vie de l'homme sans décrépitude, écartant ou faisant disparaître des maladies redoutables et redressant les cerveaux dont les troubles menacent le monde.

PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS EN 1939.

RAPPORTS.

MATHÉMATIQUES.

PRIX FRANCOEUR.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, L. Lecornu, J. Hadamard, H. Lebesgue, É. Cartan, H. Villat, G. Julia, P. Montel; É. Borel, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Marcel Brelot**, professeur à la Faculté des sciences de Bordeaux, pour ses travaux sur les fonctions harmoniques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉCANIQUE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, L. Lecornu, É. Borel, J. Drach, É. Jouguet, A. de Gramont, H. Villat, L. de Broglie, A. Caquot.)

Le prix n'est pas décerné.

PRIX PONCELET.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, L. Lecornu, É. Borel, J. Drach, É. Jouguet, A. de Gramont, L. de Broglie, A. Caquot; H. Villat, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à Mme Veuve **Henri Bénard**, en hommage à l'œuvre hydrodynamique de son Mari, professeur à la Faculté des sciences de Paris.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BOILEAU.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, L. Lecornu, É. Borel, J. Drach, É. Jouguet, A. de Gramont, L. de Broglie, A. Caquot; H. Villat, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Albert Toussaint**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux sur la mécanique des fluides.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

ASTRONOMIE.

PRIX LALANDE.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, H. Deslandres, H. Lebesgue, A. Cotton, E. Esclangon, Ch. Maurain, J. Chazy, B. Lyot; G. Fayet, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à Mme **Honoré Laugier**, née **Marguerite Lhomme**, aide-astronome à l'Observatoire de Nice, pour ses travaux photographiques sur les petites planètes.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BENJAMIN VALZ.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, H. Deslandres, H. Lebesgue, A. Cotton, E. Esclangon, Ch. Maurain, J. Chazy, B. Lyot; G. Fayet, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **René Bernard**, professeur de physique au Lycée Ampère, à Lyon, pour ses travaux sur la lumière du ciel nocturne.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX G. DE PONTÉCOULANT.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, H. Deslandres, H. Lebesgue, A. Cotton, E. Esclangon, Ch.-Maurain, G. Fayet, B. Lyot; J. Chazy, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Nicolas Coculesco**, directeur honoraire de l'Observatoire et professeur honoraire à la Faculté des sciences de Bucarest, pour ses études de mécanique céleste, notamment sur le développement de la fonction perturbatrice.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

GEOGRAPHIE.

FONDATION TCHIHATCHEF.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, R. Bourgeois, Ch. Maurain, L. Lapicque, J. Tilho, G. Durand-Viel, E.-G. Barrillon, N... ; G. Perrier, rapporteur.)

MM. **André Guibaut** et **Louis-Victor Liotard** sont partis de France en août 1936, en se proposant d'exécuter une reconnaissance géographique de

régions totalement inexplorées, aux confins de la Chine, de la Birmanie et du Thibet Oriental. Ils ont pénétré en Chine par le chemin de fer du Yunnan, ont gagné en camion-automobile, puis en caravane, la ville de Tali-Fou, qui a été leur base d'opérations. Ils ont pris ensuite la route de Birmanie, franchi le Mékong au pont de Pingpo, pour remonter vers le Nord-Ouest et atteindre le fleuve Salouen. Ils en ont remonté la vallée entre les latitudes 25°35′ et 28°30′, ce qui n'avait jamais été réalisé par aucun voyageur. Cette région est particulièrement redoutable. Les tentatives faites auparavant pour y pénétrer avaient échoué (Prince Henri d'Orléans, etc.) ou s'étaient terminées tragiquement (massacre en 1910 de deux voyageurs allemands). MM. Guibaut et Liotard ont ensuite franchi, à 5000^{m}, la ligne de partage des eaux entre la Salouen et le Mékong et sont revenus à Tali-Fou par ce dernier fleuve.

Ils sont rentrés en France en août 1937, ayant couvert, depuis leur départ de Yunnan-Fou jusqu'à leur retour dans cette ville, près de 3000^{km}, dont 625 seulement en automobile, le reste en caravane, 700^{km} en terrain particulièrement difficile ayant été parcourus à pied.

Les résultats de la Mission sont les suivants : 1° *géographiques*. Établissement de la première carte de reconnaissance complète de la région parcourue de la vallée de la Salouen. Ascension de la montagne de Tali-Fou; 2° *ethnographiques*. Études sur la peuplade des Lissous, si intéressante au point de vue anthropologique, linguistique etc. Nombreuses collections remises au Musée de l'Homme.

Publications : L'Institut de Géographie envisage la publication de la carte de la Mission et d'un ouvrage sur le cours moyen de la Salouen.

Ainsi MM. Guibaut et Liotard ont réussi, avec des ressources modestes, au prix d'efforts considérables, une exploration particulièrement difficile dans une région où vivent des tribus farouches.

La Commission propose de leur décerner un prix Tchihatchef.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

NAVIGATION.

PRIX PLUMEY.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, L. Lecornu, R. Bourgeois, M. Laubeuf, É. Borel, G. Perrier, J. Drach, H. Villat, J. Tilho, L. de Broglie, A. Caquot, G. Durand-Viel, E.-G. Barrillon, N... ; É. Jouguet, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **André Labarthe**, directeur du Laboratoire de Bellevue, pour ses travaux sur les moteurs à combustion interne.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PHYSIQUE.

PRIX GASTON PLANTE.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, É. Branly, M. Brillouin, J. Perrin, M. de Broglie, Ch. Fabry, A. de Gramont, P. Langevin ; A. Cotton, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à MM. **Marcel Picard**, chef du service de haute précision au Laboratoire central d'électricité, et **René Hérou**, attaché au même laboratoire, pour leur mesure de l'unité absolue de résistance.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX FRANÇOIS HÉBERT.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, É. Branly, M. Brillouin, J. Perrin, A. Cotton, Ch. Fabry, A. de Gramont, P. Langevin; M. de Broglie, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Louis Cartan**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Poitiers, pour ses recherches sur l'optique des particules chargées et la spectrographie des masses.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HENRI DE PARVILLE.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, É. Branly, J. Perrin, A. Cotton, M. de Broglie, Ch. Fabry, A. de Gramont, P. Langevin; M. Brillouin, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Raymond Chevallier**, professeur à la Facuté des sciences de Nancy, pour ses travaux sur le magnétisme.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HUGHES.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, É. Branly, M. Brillouin, J. Perrin, A. Cotton, M. de Broglie, A. de Gramont, P. Langevin; Ch. Fabry, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Edmond Brun**, professeur au lycée Saint-Louis, pour ses travaux sur l'aérodynamique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PIERSON-PERRIN.

(Commissaires : MM. Em. Picard, É. Branly, M. Brillouin, J. Perrin, M. de Broglie, Ch. Fabry, A. de Gramont, P. Langevin; A. Cotton, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Camille Raveau**, secrétaire de la rédaction des *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, pour ses travaux sur la thermodynamique et l'optique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PAUL MARGUERITE DE LA CHARLONIE.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, É. Branly, M. Brillouin, J. Perrin, A. Cotton, M. de Broglie, A. de Gramont, P. Langevin; Ch. Fabry, rapporteur.)

La Commission propose de partager le prix, en parties égales, entre :

M. **Henri Buisson**, Correspondant de l'Académie des sciences, professeur de physique générale à la Faculté des sciences de Marseille, pour l'ensemble de ses travaux;

M. **Louis Leprince-Ringuet**, professeur de physique à l'École polytechnique, pour ses travaux sur les rayons cosmiques;

M. **Yves Rocard**, docteur ès sciences, pour ses travaux sur la théorie cinétique.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

FONDATION CLÉMENT-FÉLIX.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, É. Branly, M. Brillouin, J. Perrin, A. Cotton, M. de Broglie, A. de Gramont, P. Langevin; Ch. Fabry, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation à M. **Étienne Vassy**, assistant à la Faculté des sciences de Paris, et

à Mme, née **Arlette Tournaire**, pour la continuation de leurs travaux de spectroscopie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION PIERRE LAFITTE.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, É. Branly, M. Brillouin, J. Perrin, M. de Broglie, Ch. Fabry, A. de Gramont, P. Langevin; A. Cotton, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix à M. **Pierre David**, ingénieur en chef au Laboratoire national de radioélectricité, pour ses travaux sur la radioélectricité.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION DU GÉNÉRAL FERRIÉ.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, É. Branly, M. Brillouin, J. Perrin, M. de Broglie, Ch. Fabry, A. de Gramont, P. Langevin; A. Cotton, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix à M. **Raymond Jouaust**, sous-directeur du Laboratoire central d'électricité, pour ses travaux sur l'électricité.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

CHIMIE.

PRIX MONTYON DES ARTS INSALUBRES.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, A. Béhal, G. Bertrand, A. Desgrez, M. Delépine, R. Fosse, R. Lespieau, P. Lebeau; M. Tiffeneau, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer :

— un prix de 2500^{fr} à M. **Lucien Dautrebande**, membre de l'Académie Royale de médecine de Belgique, professeur à l'Université de Liége, pour ses recherches sur la toxicologie des vapeurs de divers solvants utilisés dans l'industrie et sur les gaz de combat, recherches auxquelles il se consacre depuis près de 20 années;

— une mention honorable de 1500^{fr} à M. **Manuel German**, ingénieur à l'Ecole de Physique et de Chimie industrielles, pour sa contribution à l'étude du pouvoir extincteur des poussières vis-à-vis des flammes.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX JECKER.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, A. Béhal, G. Bertrand, A. Desgrez, R. Fosse, R. Lespieau, P. Lebeau, M. Tiffeneau; M. Delépine, rapporteur.)

La Commission propose de partager le prix entre MM. **Raymond Cornubert**, doyen de la Faculté des sciences de Nancy, et **Léon Palfray**, professeur à l'Institut catholique de Paris, pour l'ensemble de leurs travaux dans le domaine de la chimie organique.

M. **Cornubert** est actuellement professeur à la Faculté des sciences de Nancy; ses collègues l'on porté au décanat. Il fut d'abord élève de M. Haller, sous la direction duquel il a préparé sa thèse de docteur

ès sciences. Cette thèse porta principalement sur l'allylation de la cyclohexanone et de la monométhylcyclohexanone. Au cours de ce travail, il fut reconnu que la première alcoylation porte sur les atomes de carbone en α par rapport à la fonction cétone.

Ce thème fut ensuite diversifié par M. Cornubert sous toutes ses faces. La matière expérimentale devint ainsi assez vaste pour que M. Cornubert ait pu en faire l'objet non seulement de son activité, mais encore de celle de nombreux élèves.

Un premier point est celui-ci; si, dans une α-alcoylcyclanone, on introduit un deuxième radical, se placera-t-il sur l'atome de carbone déjà substitué, ou sur son vis-à-vis de l'autre côté de la fonction cétone? L'action de l'aldéhyde benzoïque en présence d'acide chlorhydrique permet de répondre. Dans le cas d'une cétone $\alpha\alpha$-disubstituée, cet aldéhyde donne un dérivé benzylidénique avec le CH^2 voisin du CO non substitué, tandis que dans le cas d'une cétone $\alpha\alpha'$-disubstituée, il donne une combinaison tétrahydropyronique. Cette réaction permet ainsi de démontrer que la deuxième alcoylation a lieu pour 85 à 90 centièmes en $\alpha\alpha$ et pour 10 à 15 centièmes en $\alpha\alpha'$.

Ceci étant, on pouvait pousser plus loin l'étude des $\alpha\alpha'$-dialcoylcyclohexanones pour y discerner les formes *cis* et *trans*. Ces formes existent bien, mais, dès qu'on les traite par l'acide chlorhydrique, nécessaire pour la condensation benzylidénique, elles se transforment l'une dans l'autre, de sorte que la différenciation est impossible.

Nombre d'alcoylcyclohexanones ayant été préparées, M. Cornubert en a étudié les oximes, les amines et alcools correspondants, en relation avec leur configuration stérique.

Si, maintenant, l'on considère une combinaison benzylidénique d'une cyclanone α-substituée, on conçoit deux isomères (indépendamment de l'activité optique); ces couples ont été fréquemment isolés. De même les diarylidène-cyclanones et les combinaisons tétrahydropyroniques donnent également lieu à certaines stéréoisoméries.

Enfin, lorsqu'il s'agit de cyclanones plus ou moins disubstituées en $\alpha\alpha'$, il a été vérifié que l'encombrement dû aux radicaux intervenait nettement pour diminuer l'intensité de la fonction cétone au point même de l'annuler, et ce, simultanément, avec des modifications des propriétés absorbantes ou du pouvoir réfringent.

Ajoutons que M. Cornubert a publié en 1933 une monographie importante du camphre et de ses dérivés et que nous lui devons une adaptation

des ouvrages allemands d'Ulmann et de Weyl sur les méthodes de travail en chimie organique.

Cet ensemble de travaux a exigé habileté, patience et initiative, et contribué efficacement à la chimie et à la stéréochimie des cyclanones. C'est pourquoi la Commission l'a retenu pour l'attribution d'une partie du prix Jecker.

M. **Léon Palfray**, actuellement professeur de chimie à l'Institut catholique de Paris, a également fait ses débuts dans le laboratoire de M. Haller; il y prépara sa thèse de docteur ès sciences qui porta sur certains acides dérivés du camphre; acides cyanocampholique, homocamphorique, camphocarbonique, camphoacétique. Ce travail fit connaître nombre de dérivés de l'acide camphorique portant principalement sur la substitution dite en α.

Avec l'hydrogénation des trois diphénols : pyrocatéchol, résorcinol et hydroquinol, M. Palfray prit contact avec les phénomènes de catalyse auxquels il devait consacrer ultérieurement une bonne part de ses efforts, soit seul, soit avec divers collaborateurs. Dans le cas de la résorcine résultant de l'hydrogénation du résorcinol, les isomères *cis* et *trans* furent isolés.

Assez récemment, M. Palfray a construit un appareillage d'hydrogénation permettant d'opérer au laboratoire jusqu'à 300° sous 300^{kg} de pression, avec enregistrement continu des pressions et températures; on peut donc suivre les phases de l'hydrogénation, en particulier la vitesse, et reconnaître des paliers sélectifs pour les reproduire ensuite en connaissance de cause.

Des applications à l'hydrogénation partielle des essences, à celle de l'ionone, aux aldéhydes, aux cétones, aux dérivés nitrés, aux noyaux benzénique, pyridique ou naphtalénique, aux phénols, etc., ont été déjà publiées. Mais, en outre, M. Palfray a montré récemment que ce même nickel peut aussi servir de catalyseur actif de déshydrogénation.

Dans un autre domaine tout différent, lors de l'étude de la déshydratation catalytique des alcools α, β et γ arylés, M. Palfray a trouvé un point de départ de travaux importants sur la réaction de Cannizzaro. On peut en déduire une méthode de dosages des aldéhydes et des cétones. En employant un benzylate alcalin au lieu d'alcali, on assiste à des transformations plus ou moins complexes, qui se traduisent par des échanges d'hydrogène souvent fort intéressants par la nature des produits engendrés.

A côté de ces deux principaux groupes de recherches, nous devrions citer nombre de travaux conduisant à des méthodes nouvelles de dosage ou de caractérisation de fonctions organiques très diverses, ainsi qu'à la connaissance des essences naturelles (carotte, karo-karoundé).

M. Palfray a eu de nombreux collaborateurs, parmi lesquels il convient de citer M. Sabetay et Mlle Sontag, et il est sorti de son laboratoire nombre de thèses de Doctorat qui développèrent ses propres travaux. Il maintient ainsi à son Institut un centre de recherches de chimie organique dont la Section de Chimie a voulu reconnaître l'importance et l'activité.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

FONDATION CAHOURS.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, A. Béhal, G. Bertrand, A. Desgrez, M. Delépine, R. Fosse, R. Lespieau, M. Tiffeneau; P. Lebeau, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation à M. **André Morette**, assistant à la Faculté de pharmacie de Paris, pour ses travaux sur le vanadium et ses composés.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HOUZEAU.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, A. Béhal, G. Bertrand, A. Desgrez, R. Fosse, R. Lespieau, P. Lebeau, M. Tiffeneau; M. Delépine, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Maurice-Marie Janot**, maître de conférences à la Faculté de pharmacie de Paris, pour ses recherches de chimie relatives aux principes immédiats des végétaux; ses travaux se rapportent au sclaréol, à l'hydrogénation de quelques hétérosides, à la corynanthéine, au catabuol, à des dosages de certains principes (santonine, cantharidine, indices de méthoxyle des gommes), ainsi qu'à des expé-

riences de physiologie végétale et de pharmacodynamie. Il a collaboré avec M. Delaby et M. Charonnat à l'étude de la radioactivité des sources de Plombières et des sommets vosgiens.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION CH.-ADAM GIRARD.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, A. Béhal, G. Bertrand, A. Desgrez, R. Fosse, R. Lespieau, P. Lebeau, M. Tiffeneau; M. Delépine, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix à M. **Georges Mignonac**, professeur à la Faculté des sciences de Toulouse, pour ses travaux de chimie organique, notamment ceux où il a déterminé les conditions d'emploi des catalyseurs.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

PRIX CUVIER.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Ch. Barrois, P. Sabatier, A. Cotton, L. Cayeux, Ch. Mauguin, F. Grandjean, E. de Margerie; Ch. Jacob, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Albert F. de Lapparent**, chargé de cours à l'Institut catholique de Paris, pour ses études sur la géologie et la paléontologie de la Basse-Provence.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DELESSE.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Ch. Barrois, P. Sabatier, A. Cotton, L. Cayeux, Ch. Jacob, F. Grandjean, E. de Margerie; Ch. Mauguin, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Pierre Châtelain**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Montpellier, pour ses recherches sur les cristaux liquides.

M. Pierre Châtelain a surmonté de façon très élégante les difficultés qui s'étaient opposées jusqu'alors à une étude approfondie des propriétés optiques des cristaux liquides du type azoxyanisol.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX VICTOR RAULIN.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Ch. Barrois, P. Sabatier, A. Cotton, L. Cayeux, Ch. Mauguin, F. Grandjean, E. de Margerie; Ch. Jacob, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à Mlle **Suzette Gillet**, docteur ès sciences, chef de travaux à la Faculté des sciences de Strasbourg, pour ses recherches sur les terrains tertiaires de l'Europe orientale.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JOSEPH LABBÉ.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Ch. Barrois, P. Sabatier, A. Cotton, L. Cayeux, Ch. Jacob, Ch. Mauguin, F. Grandjean, E. de Margerie.)

Le prix n'est pas décerné.

PRIX ANDRÉ-C. BONNET.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Ch. Barrois, P. Sabatier, A. Cotton, L. Cayeux, Ch. Jacob, Ch. Mauguin, F. Grandjean; E. de Margerie, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Pierre Teilhard de Chardin**, docteur ès sciences, pour son œuvre paléontologique en Asie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

BOTANIQUE.

PRIX DESMAZIÈRES.

(Commissaires : MM. L. Bouvier, A. Lacroix, G. Bertrand, M. Molliard, L. Blaringhem, A. Guilliermond, A. Chevalier, H. Colin; P.-A. Dangeard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Marcel Lefèvre**, assistant au Muséum national d'histoire naturelle, pour une monographie des Péridiniens.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX MONTAGNE.

(Commissaires : MM. L. Bouvier, A. Lacroix, P.-A. Dangeard, G. Bertrand, L. Blaringhem, A. Guilliermond, A. Chevalier, H. Colin; M. Molliard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Samuel Buchet**, assistant honoraire à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux de cryptogamie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX THORE.

(Commissaires : MM. L. Bouvier, A. Lacroix, P.-A. Dangeard, G. Bertrand, L. Blaringhem, A. Guilliermond, A. Chevalier, H. Colin; M. Molliard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à Mlle **Berthe Aggéry**, assistante de botanique appliquée à la Faculté des sciences de Toulouse, pour ses travaux de pathologie végétale, et pour son ouvrage intitulé : *Quelques maladies nouvelles des Fougères*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DE COINCY.

(Commissaires : MM. L. Bouvier, A. Lacroix, P.-A. Dangeard, G. Bertrand, M. Molliard, L. Blaringhem, A. Chevalier, H. Colin; A. Guilliermond, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Paul Jaeger**, chef de travaux à la Faculté de pharmacie de Strasbourg, pour son travail sur les Dipsacées.

M. **Paul Jaeger** s'est attaché à l'étude de la sexualité chez les Phanérogames les plus évoluées et en particulier chez les Dipsacées où le problème se présente sous un aspect très complexe. Grâce à ses efforts, ce problème a été beaucoup éclairci. Dans un Mémoire très important, dans lequel il a exposé ses résultats, il met en évidence la grande complexité des phénomènes qui aboutissent de la fleur hermaphrodite primitive à la fleur unisexuée, celle-ci représentant le stade ultime de l'évolution et la tendance phylétique actuelle des Dipsacées. Les méthodes d'investigation variées (morphologie, cytologie, génétique) que M. Jaeger a dû employer pour élucider cette question très embrouillée, l'ont amené à faire connaître un grand nombre de faits nouveaux intéressants non seulement par eux-mêmes, mais par leur répercussion sur les données considérées jusqu'à ce jour comme classiques.

La Commission a décidé de récompenser ce jeune savant qui a fait preuve de qualités scientifiques remarquables en lui attribuant le prix de Coincy.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX J. DE RUFZ DE LAVISON.

(Commissaires : MM. L. Bouvier, A. Lacroix, P.-A. Dangeard, G. Bertrand, M. Molliard, L. Blaringhem, A. Guilliermond, A. Chevalier; H. Colin, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. l'abbé **Henri Belval**, assistant à l'Institut catholique de Paris, pour ses travaux sur les plantes à fructosanes.

On doit à M. Belval un ensemble imposant de recherches sur les Monocotylédones lévulifères, les Graminées principalement. Il a montré tout d'abord que les soi-disant *dextrines* que l'on voyait un peu partout, à côté de l'amidon, dans le Blé, dans la Jacinthe, n'étaient que d'authentiques *lévulosanes*. Il en a suivi la genèse et les vicissitudes dans plusieurs espèces, chez les céréales notamment, et nombre de ces glucides que l'on confondait jadis en un seul ont été préparés à l'état pur au cours de ses travaux. Un groupe comme celui des Hordées, qui comprend Blé, Chiendent, Seigle, Orge, Élyme, en est apparu beaucoup moins homogène, d'où les recherches de toutes sortes, chimiques, cytologiques, génétiques en vue de découvrir les affinités réciproques de ces plantes.

Familiarisé de la sorte avec les glucides du grain de Blé, M. Belval était des plus qualifiés pour en étudier les transformations au cours de la panification, et délimiter le rôle de chacun d'eux dans la fermentation de la pâte.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

PRIX DA GAMA MACHADO.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, L. Bouvier, A. Lacroix, P. Marchal, H. Vincent, Ch. Pérez, É. Roubaud, P. Wintrebert; M. Caullery, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Marc de Larambergue**, chef de travaux de zoologie à la Faculté des sciences de Paris, pour son

ouvrage intitulé : *Étude de l'autofécondation chez les Gastéropodes pulmonés. Recherches sur l'aphallie et la fécondation chez* Bulinus (Isidora) contortus *Michaud* [1].

Ce travail répond à l'un des objets de la fondation (*Études sur la semence dans le règne animal*). Il apporte une contribution importante et précise à l'autofécondation chez les Mollusques pulmonés, qui était une question presque neuve quand M. de Larambergue a commencé ses recherches en 1928. L'auteur en a étudié cytologiquement les modalités, mais surtout il a pu l'analyser grâce à une particularité significative des *Bulinus*, découverte par lui, l'existence d'une variété *aphallique*, c'est-à-dire dépourvue d'organe copulateur et obligatoirement autofécondable quand elle est isolée.

Il a étudié expérimentalement la transmission de l'aphallie dans une série de souches de provenances géographiques diverses (Corse, Maroc, Sénégal, Égypte, Algérie, Tunisie, Méditerranée orientale, Mésopotamie). La culture méthodique de ces souches, sur des lignées aphalliques et normales (euphalliques), au cours de multiples générations, la réalisation de nombreux croisements entre elles lui a permis de reconnaître que l'aphallie était une propriété constitutionnelle (génotypique), se transmettant dans chaque localité, suivant des proportions numériques fixes, mais diverses, depuis une aphallie constante (souche de Dakar), jusqu'à une proportion d'aphalliques réduite à 1-2 % (souche du Caire). La difficulté est donc de mettre en évidence, de façon authentique, la fécondation croisée. M. de Larambergue y est parvenu par la découverte d'une autre variation héréditaire (manteau *pigmenté* ou *sans pigmentation*), qu'il a reconnue obéir dans les croisements aux lois de Mendel. Par ces derniers croisements il a pu faire la preuve de la fécondation croisée. Il a étudié également comment l'aphallie se réalise au cours du développement.

Les derniers chapitres du Mémoire étudient spécialement les problèmes posés par la coexistence, chez un même individu, de spermatozoïdes autochtones et de spermatozoïdes étrangers apportés par l'accouplement.

Cette analyse expérimentale de l'hérédité, faite de façon approfondie et avec un plein succès, donne à son travail le caractère d'une contribution importante à la Génétique, et lui a fourni l'occasion de mettre en évidence un ensemble considérable de données d'un haut intérêt biologique.

---

(1) *Bull. Scientif. France Belgique*, 73, 1939, p. 19-231, 46 fig., 23 tableaux, pl. III-V.

M. de Larambergue a fait ainsi la preuve de qualités éminentes d'observateur et d'expérimentateur.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION SAVIGNY.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, L. Bouvier, A. Lacroix, P. Marchal, H. Vincent, M. Caullery, É. Roubaud, P. Wintrebert; Ch. Pérez, rapporteur.)

Mme **Henri Heldt**, née **Jeanne Berthier**, assistante à la Station Océanographique de Salammbô (Carthage), a publié récemment un beau Mémoire, fruit de six années de patientes et délicates recherches sur la *Reproduction chez les Crustacés Décapodes de la famille des Pénéides*. L'auteur y reconstitue de bout en bout, depuis l'œuf jusqu'à la forme définitive, tout le développement larvaire d'un certain nombre de Crevettes des côtes tunisiennes. La Commission du Prix Savigny propose à l'unanimité d'attribuer un prix à Mme Jeanne H. Heldt pour récompenser à la fois cette importante contribution à nos connaissances sur les Crustacés et le dévoûment d'une intelligente activité consacrée depuis de longues années à la Station océanographique de Salammbô.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, É. Branly, E. Leclainche, L. Lapicque, J.-L. Faure, P. Portier; H. Vincent, Ch. Achard, A. Gosset, Ch. Pérez, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner trois prix de 2500fr :

— à MM. **Pierre Couloumа**, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Lille, directeur de l'Institut d'anatomie de Fribourg, et **Léon Devos**,

prosecteur à la Faculté de médecine de Lille, pour leur ouvrage intitulé *Les zones pulmonaires. Anatomie et radiologie chez l'Homme. La lobation et la zonation des poumons. Étude d'anatomie comparée chez l'Homme et les Mammifères;*

— à MM. **Constantin Levaditi** et **Pierre Lépine**, chefs de service à l'Institut Pasteur, et leurs Collaborateurs, pour leur ouvrage intitulé : *Les ultravirus des maladies humaines;*

— à M. **Léon Velluz**, professeur agrégé au Val-de-Grâce, pour ses *Recherches expérimentales sur l'immunité antitoxique;*

Trois mentions honorables de 1500fr sont accordées :

— à MM. **Pierre-Charles Huët**, oto-rhino-laryngologiste des Hôpitaux et chef de service à l'Institut du Cancer de la Faculté de médecine de Paris, et **Maurice Péri**, Correspondant de la Société de laryngologie des Hôpitaux de Paris, pour leur ouvrage intitulé : *L'exploration radiologique des tumeurs de l'hypopharynx et du larynx;*

— à M. **Pierre Porcher**, chef de laboratoire à la Faculté de médecine de Paris, pour son ouvrage intitulé : *Précis de technique radiographique;*

— à MM. **Jean Vague** et **Jean Dunan**, chef de clinique adjoint et chef de laboratoire à la Faculté de médecine de Marseille, pour leur ouvrage intitulé : *La créatine. Étude physio-pathologique.*

Rapport de M. C. Pérez *sur l'ouvrage de MM.* **Pierre Coulouma** *et* **Léon Devos**, *intitulé :* Les zones pulmonaires. Anatomie et radiologie chez l'Homme. La lobation et la zonation des poumons. Étude d'anatomie comparée chez l'Homme et les Mammifères.

Dans ce mémoire les auteurs apportent des notions très intéressantes sur la subdivision des poumons en territoires appelés zones. Fondée sur la structure anatomique, l'individualité de ces territoires a sa répercussion sur la localisation de certains états pathologiques.

Rapport de M. H. VINCENT *sur l'ouvrage de MM.* **CONSTANTIN LEVADITI** *et* **PIERRE LÉPINE**, *intitulé :* Les ultravirus des maladies humaines.

L'Ouvrage de MM. Levaditi et P. Lépine sur les ultravirus des maladies humaines a été rédigé avec la collaboration de 17 autres auteurs. Chacun des sujets a été traité par un auteur connaissant et ayant étudié chaque sujet, ayant publié des travaux sur chacun des ultravirus humains. C'est dire que le traité qui vous est présenté porte sur un ensemble de problèmes d'un très grand intérêt, mais qui, ainsi que le font remarquer ses auteurs, est en voie d'évolution continue.

Rapport de M. H. VINCENT *sur les travaux de M.* **LÉON VELLUZ**.

M. Léon Velluz a adressé diverses publications ayant pour objet l'*Étude expérimentale sur l'Immunité antitoxique*. Cet ensemble, qui comprend 32 Mémoires, Notes ou Communications sur ce sujet, paraît mériter un prix Montyon.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX BARBIER.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, É. Branly, E. Leclainche, Ch. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, Ch. Pérez, P. Portier; H. Vincent, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **CHARLES BRODY**, docteur en médecine, à Grasse, **ET A SES COLLABORATEURS**, pour leur ouvrage intitulé : *Traité d'hélio et d'actinologie*.

Le traité est un livre de grande valeur scientifique et pratique, dans lequel chacun des auteurs expose le fruit de son expérience et de sa compétence.

C'est le premier ouvrage qui ait jamais été publié sur l'Hélio et l'Actinologie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BRÉANT.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, É. Branly, E. Leclainche, H. Vincent, Ch. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, Ch. Pérez; P. Portier, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix à M. **Fred Vlès**, professeur à la Faculté de médecine de Strasbourg, pour l'ensemble de ses travaux sur la physicochimie appliquée à la physiologie.

M. Vlès a notamment réalisé des recherches très précises sur les propriétés optiques des organes contractiles. Un des premiers, il a pu différencier les diverses hémoglobines par leurs propriétés spectrales.

Il a élaboré une importante méthode de recherches, au moyen de la spectroscopie dans l'ultraviolet. Il étudie actuellement l'influence de l'isolement électrostatique sur les êtres vivants.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX GODARD.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, É. Branly, E. Leclainche, H. Vincent, Ch. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, Ch. Pérez, P. Portier.)

Le prix n'est pas décerné.

PRIX CHAUSSIER.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, É. Branly, E. Leclainche, H. Vincent, Ch. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, Ch. Pérez, P. Portier.)

Le prix n'est pas décerné.

PRIX MÈGE.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, É. Branly, E. Leclainche, H. Vincent, Ch. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, Ch. Pérez; P. Portier, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix à M. **Léon Delhoume**, maire de Pierre-Buffière, pour son ouvrage intitulé : *De Claude Bernard à d'Arsonval.*

Cet ouvrage produit de nouveaux documents découverts dans les papiers de Claude Bernard sur le problème des fermentations qui occupait l'illustre physiologiste au moment de sa mort.

Il nous fait assister à la naissance de la physique biologique par les premiers travaux de d'Arsonval. Il résume d'une manière vivante la collaboration de Brown-Séquard et de d'Arsonval.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BELLION.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, É. Branly, E. Leclainche, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, Ch. Pérez, P. Portier; H. Vincent, Ch. Achard, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner le prix à MM. **Maurice Villaret**, professeur à la Faculté de médecine de Paris, et **René Cachera**, médecin des hôpitaux de Paris, pour leur ouvrage intitulé : *Les embolies cérébrales.*

MM. Maurice Villaret et René Cachera ont imaginé une technique nouvelle et originale pour étudier la circulation cérébrale par une brèche de la paroi cranienne fermée par un volet transparent. Ils ont pu constater des faits nouveaux, tels que les réactions vaso-motrices et les spasmes vasculaires dans les cas d'embolies solides, tandis que ces réactions font défaut dans les embolies gazeuses.

Une citation serait également accordée à M. **Fernand Bourguin**, docteur en médecine, chef de service au Ministère de la Santé publique, pour son ouvrage intitulé : *La protection sociale de l'enfance en France.*

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DU BARON LARREY.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, É. Branly, E. Leclainche, H. Vincent, Ch. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, Ch. Pérez, P. Portier.)

Le prix n'est pas décerné.

PRIX ARGUT.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, É. Branly, E. Leclainche, H. Vincent, Ch. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, Ch. Pérez, P. Portier.)

Le prix n'est pas décerné.

FONDS CHARLES BOUCHARD.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, É. Branly, E. Leclainche, C. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, C. Pérez, P. Portier; H. Vincent, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix à MM. **Jean Margarot** et **Jean Terracol**, professeurs à la Faculté de médecine de Montpellier, pour leur ouvrage intitulé : *Tuberculose et tuberculides nasales*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JEAN DAGNAN-BOUVERET.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, É. Branly, E. Leclainche, H. Vincent, Ch. Achard, A. Gosset, J.-L. Faure, Ch. Pérez, P. Portier; L. Lapicque, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Georges Schaeffer**, professeur à la Faculté de médecine de Strasbourg, pour l'ensemble de ses travaux sur les échanges nutritifs, particulièrement pour son explication

du phénomène connu sous le nom d'*action dynamique spécifique des protides*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

CANCER ET TUBERCULOSE.

FONDATION ROY-VAUCOULOUX.

(Commissaires : MM. H. Vincent, M. Caullery, C. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, Ed. Sergent; P. Portier, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation à M[me] **Marcel Drilhon**, née **Andrée Courtois**, docteur ès sciences, pour l'aider à poursuivre ses travaux sur le milieu intérieur de la physiologie comparée. (Adaptation des crustacés et des poissons aux changements de salinité, modification des électrolytes et des protides du sang; mue des crustacés; métamorphose des insectes.) Récemment, M[me] Drilhon a montré l'intérêt de l'étude spectrographique de l'ultrafiltrat sanguin dans l'ultraviolet. Cette méthode permet de déceler dans le sang des substances qui avaient jusqu'ici échappé à l'analyse.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LOUISE DARRACQ.

(Commissaires : MM. H. Vincent, C. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, Ed. Sergent; M. Caullery, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix à M. **Antoine Lacassagne**, directeur du laboratoire de radiophysiologie de l'Institut Pasteur à l'Institut du Radium, pour l'ensemble de ses travaux sur la pathogénie et l'histologie du cancer.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX EUGÈNE et AMÉLIE DUPUIS.

(Commissaires : MM. M. Caullery, C. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, Ed. Sergent; H. Vincent, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Alfred Boquet**, chef de service à l'Institut Pasteur, pour ses recherches sur la tuberculose.

M. Alfred Boquet a adressé un ensemble de travaux qu'il a entrepris de 1919 à 1938 sur la tuberculose, le mécanisme physio-pathologique de l'infection depuis la contamination initiale jusqu'à la production des lésions, l'influence de l'espèce animale, du microbe et du siège ainsi que de la dose inoculée.

Il a étudié la tuberculose primaire en fonction de la virulence atténuée ou forte du bacille, l'immunité ou plutôt la prémunition qu'elle peut conférer, l'hypersensibilité tuberculinique.

Il a démontré, avec L. Nègre, que les extraits bacillaires qui donnent la réaction de la déviation du complément, en présence d'anticorps, sont de nature lipoïdique. Ils sont insolubles dans l'acétone, solubles dans l'alcool méthylique, ce qui leur a permis de préparer l'antigène tuberculeux méthylique, employé pour la recherche des anticorps tuberculeux et le diagnostic de la tuberculose.

Ces travaux intéressants justifient l'attribution du prix à M. Alfred Boquet.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION HENRIETTE REGNIER.

(Commissaires : MM. M. Caullery, C. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, Ed. Sergent; H. Vincent, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix à M. **Abelardo Saenz**, chef de service à l'Institut Pasteur, pour ses travaux sur la tuberculose et son bacille.

M. Saenz démontre que le B. C. G. est un bacille définitivement fixe, non modifié par les réensemencements les plus réitérés. Associé au Streptococcus caviæ, au bacille de Preiz-Nocard, et inoculé au cobaye, il pro-

voque des lésions curables et jamais réinoculables. Cultivé pendant 11 ans, il demeure stable, toujours inoffensif et vaccinant.

M. Saenz a signalé une méthode d'isolement du bacille tuberculeux par l'acide sulfurique et la neutralisation à la soude, qui permet de déceler facilement le bacille dans les crachats, le liquide gastrique, etc.

Il a étudié la bacillémie tuberculeuse, phénomène transitoire; la virulence comparée des bacilles humains, bovins (2,43 % chez l'homme, en France), et cette dernière rareté s'explique parce qu'on n'y consomme pas de lait cru. On lui doit aussi des recherches sur le bacille aviaire, sur la contagion tuberculeuse chez le Cobaye, sur l'allergie conférée par les bacilles morts enrobés dans l'huile de vaseline, sur les lésions anatomo-pathologiques des tissus humains dans la tuberculose latente chez l'Homme. Il signale, en particulier, la stérilisation fréquente de ces lésions parvenues au stade de calcification.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PHYSIOLOGIE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, H. Vincent, M. Molliard, M. Caullery, C. Pérez, P. Portier; L. Lapicque, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **André Chevallier**, professeur à la Faculté de médecine de Marseille, pour ses recherches sur la vitamine A.

Ces recherches, qui ont débuté il y a près de 10 ans par l'établissement d'un procédé de dosage (photométrie dans la lumière ultraviolette), ont été poursuivies activement avec toute une série d'élèves comme collaborateurs. Elles ont donné des résultats nombreux et importants sur l'évolution et le rôle physiologiques de la vitamine A. L'un deux est la nécessité d'une certaine réserve de cette substance dans le foie pour que fonctionne le réglage des chronaxies connu sous le nom de *subordination*, et, par suite,

quand cette réserve fait défaut, pour des raisons soit accidentelles, soit expérimentales, soit pathologiques, l'apparition de troubles nerveux particuliers, qui disparaissent quand on ajoute de la vitamine A à la ration. Ce résultat, aussi intéressant qu'inattendu, basé sur des observations fines et des expériences ingénieuses, se montre utilisable en médecine et en hygiène.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX POURAT.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, H. Vincent, M. Molliard, M. Caullery, C. Pérez, P. Portier; L. Lapicque, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Daniel Vincent**, professeur agrégé à la Faculté de médecine et de pharmacie de Toulouse, pour ses trois thèses intitulées : *Calcémie et cholestérolémie chez le vieillard et dans les rhumatismes chroniques; Recherches sur les protides du sérum et de l'urine; L'acétylcholine et son rôle dans l'organisme animal.*

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PHILIPEAUX.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, H. Vincent, M. Molliard, M. Caullery, C. Pérez, P. Portier; L. Lapicque, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à Mlle **Catherine Veil**, assistante au Laboratoire de physiologie générale à la Sorbonne, pour ses recherches pharmacodynamiques sur la cellule pigmentaire en vue de la théorie des mouvements rythmiques.

Elles représentent une dizaine d'années d'un travail persévérant et personnel ayant fourni des résultats fort intéressants sur les cellules pigmentaires des Poissons, leurs réactions propres, leur innervation, leur dépendance des sécrétions internes. Il en résulte un progrès certain dans la connaissance du mécanisme des changements de couleur des animaux, et quelques données nouvelles utilisables pour la théorie générale de l'excitation.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX FANNY EMDEN.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, H. Vincent, M. Molliard, M. Caullery, L. Lapicque, C. Pérez, P. Portier.)

Le prix n'est pas décerné.

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

PRIX BINOUX.

(Commissaires : MM. L. Bouvier, É. Borel, M. Caullery, H. Villat, L. de Broglie, C. Pérez; Ém. Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Georges Bruhat**, directeur-adjoint de l'École Normale, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour son ouvrage intitulé : *Les étoiles*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

OUVRAGES DE SCIENCES.

PRIX HENRI DE PARVILLE.

(Commissaires : MM. A. Béhal, G. Perrier, Ém. Picard, É. Borel, M. Caullery, M. de Broglie; A. Lacroix, rapporteur.).

La Commission propose de décerner le prix à M. **Léon Bultingaire**, bibliothécaire en chef honoraire du Muséum national d'histoire naturelle, pour l'achèvement de l'*Inventaire des périodiques scientifiques des Bibliothèques de Paris*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉDAILLES.

MÉDAILLE BERTHELOT.

(Commissaires : MM. A. Béhal, G. Perrier, Ém. Picard, A. Lacroix.)

La médaille est décernée :

— à M. **Lucien Dautrebande**, lauréat du prix Montyon des arts insalubres;

— à MM. **Raymond Cornubert** et **Léon Palfray**, lauréats du prix Jecker;

— à M. **Maurice-Marie Janot**, lauréat du prix Houzeau;

— à M. **Georges Mignonac**, lauréat du prix Ch.-Adam Girard.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX GÉNÉRAUX.

PRIX FONDÉ PAR L'ÉTAT.

Grand Prix des Sciences physiques.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, P.-A. Dangeard, L. Blaringhem, R. Fosse, C. Pérez; M. Caullery, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Boris Ephrussi**, directeur de laboratoire à l'École pratique des Hautes études au Collège de France, pour ses travaux de génétique physiologique.

L'ensemble des recherches et publications de M. Boris Ephrussi,

depuis 1933, caractérise une direction nouvelle, très originale et très importante, dans la branche moderne de la Biologie qu'est la Génétique. Cet auteur s'est attaché à analyser les mécanismes physicochimiques, d'où résultent, à partir de gènes donnés, des caractères morphologiques donnés. C'est donc, peut-on dire, de la génétique physiologique, c'est-à-dire un ordre de recherches s'attaquant aux fondements mêmes de la génétique, et M. Ephrussi a obtenu, dans cette direction, des résultats déjà considérables et très significatifs dont on peut seulement donner ici une idée sommaire.

Il a mis en œuvre d'abord (1933-1935) les considérations précédentes sur des cultures de tissus d'embryons létaux de souris brachyoures, et y a constaté que les gènes se manifestent là en affectant les corrélations entre les divers tissus, plutôt que des cellules spécifiques. La létalité des embryons apparaît donc comme un caractère *non autonome*.

M. Ephrussi s'est alors proposé d'étudier les caractères non autonomes antérieurement signalés chez la Drosophile et il s'est familiarisé avec la génétique de cette mouche dans un voyage en Amérique (1935), au laboratoire de M. T. H. Morgan, y étudiant la non-autonomie de certaines déficiences.

Au retour de ce voyage, et en collaboration avec G. V. Beadle, il a établi une très élégante technique de transplantation d'ébauches d'yeux chez la larve de Drosophile. Ces recherches ont montré aux auteurs que la pigmentation de l'œil chez cet animal met en œuvre deux hormones contrôlées par des gènes et qui sont les messagers chimiques reliant gènes et caractères (1935-1936).

Depuis, M. Ephrussi a poursuivi, avec une série de collaborateurs qui forment une école dirigée par lui, l'exploitation de ce domaine : établissement de rapports quantitatifs exacts entre hormones et pigment formé; établissement d'un rapport quantitatif entre le nombre de gènes et la quantité d'hormone produite; non spécificité zoologique des hormones en jeu (1936); étude (commencée) de la chimie de ces hormones; induction par le jeûne de la formation de l'hormone vermillon chez des animaux autrement incapables de la produire (c'est-à-dire liaison entre la production d'hormone et le métabolisme; rôle du tryptophane dans ce mécanisme); intervention d'une hormone morphogénétique dans le processus de formation des facettes (sur l'œil *bar*) (1936-1939).

On voit, par cette brève énumération, l'originalité et la nouveauté des recherches de M. Ephrussi, leur étroit enchaînement et l'importance des problèmes généraux abordés.

La Commission a estimé unanimement que ces recherches, déjà suivies de succès incontestables et qui ont d'ailleurs éveillé un écho répété, qualifiaient pleinement M. Boris Ephrussi pour le Grand Prix des Sciences physiques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PETIT D'ORMOY.

Sciences mathématiques.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, L. Lecornu, J. Hadamard, H. Lebesgue, E. Fichot, É. Cartan; É. Borel, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Georges Valiron**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de son œuvre mathématique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PETIT D'ORMOY.

Sciences naturelles.

(Commissaires : MM. L. Bouvier, P.-A. Dangeard, M. Molliard, M. Caullery, L. Lapicque, C. Pérez; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Albert Michel-Lévy**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, conservateur des eaux et forêts, pour son œuvre géologique et ses expériences synthétiques de reproduction des minéraux.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LONCHAMPT.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, E. Leclainche, G. Bertrand, M. Delépine, G. Moussu; M. Javillier, rapporteur.)

La Commission propose de décerner une partie du prix (2500^{fr}) à M. **Raymond Jacquot**, docteur ès sciences, chargé de recherches, pour ses

travaux sur la biochimie des Mucédinées, la formation de l'acide oxalique par ces organismes et son mécanisme; une deuxième partie du prix (1500fr) à M. **Max Vauthey**, docteur en médecine, membre de la Société internationale d'hydrologie médicale de Londres, pour ses travaux sur l'intolérance hépatique vis-à-vis des agents chimiques, notamment vis-à-vis des combinaisons arsenicales, mercurielles et auriques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DES GRANDES ÉCOLES.

PRIX LAPLACE.

Le prix est décerné à M. **Robert Lateulade**, né à Bordeaux (Gironde), le 23 mars 1919, sorti premier de l'École Polytechnique.

PRIX L.-E. RIVOT.

Le prix est partagé entre les quatre élèves dont les noms suivent, sortis en 1939, avec le n° 1 ou 2, de l'École Polytechnique, dans les corps des mines et des ponts et chaussées :

M. **Robert Lateulade**, entré premier à l'École des mines, reçoit 750fr;

M. **Jean Varoquaux**, entré second à l'Ecole des mines, reçoit 500fr;

M. **Michel Laurent**, entré premier à l'École des ponts et chaussées, reçoit 750fr;

M. **Pierre Blaise**, entré second à l'École des ponts et chaussées, reçoit 500fr.

FONDS GÉNÉRAUX DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

FONDATION HENRI BECQUEREL.

(Commissaires : MM. A. Béhal, G. Perrier, Ém. Picard, R. Bourgeois, L. Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

Pour l'ensemble de ses travaux de physique, la Commission propose de décerner un prix à feu **Jacques Rossignol**, professeur au Lycée Saint-Louis, mort pour la France.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION LOUTREUIL.

(Membres du Conseil : MM. A. Béhal, Ém. Picard, R. Bourgeois, L. Bouvier, M. de Broglie; A. Lacroix, rapporteur.)

L'Académie a reçu 32 demandes. Après avis du Comité consultatif de la fondation, le Conseil a décidé d'accorder les 19 subventions qui vont être énumérées, suivant leur nature.

Recherches sur des questions déterminées.

10000fr à M. **Félicien Bœuf**, professeur à l'Institut national agronomique, pour ses travaux de génétique;

6000fr à M. **Henri Erhart**, directeur de l'Institut Pédologique du Bas-Rhin, pour des recherches de pédologie;

5000fr à M. **Pol Florentin**, chef de travaux à l'École nationale vétérinaire d'Alfort, pour ses études anatomiques et physiologiques sur les tissus élastiques des animaux et notamment les cartilages et ligaments articulaires;

15000fr à MM. **Hans Halban**, chargé de recherches, et **Lew Kowarski**, boursier de la Caisse nationale de la recherche scientifique, pour des travaux sur les rayons cosmiques à effectuer au Laboratoire international du Jungfraujoch;

2000fr à M. **Charles Hervieux**, professeur à l'École nationale vétérinaire de Toulouse, pour l'étude des éliminations par la peau du Mouton;

2000fr à MM. **Maurice Lemoigne**, chef de service à l'Institut Pasteur, et **Joseph Lefèvre**, directeur de la Station de biologie végétale à l'Institut national agronomique, pour leurs recherches sur le métabolisme de l'azote dans les végétaux;

3000fr à M. **Etienne Letard**, professeur à l'École nationale vétérinaire d'Alfort, pour ses études sur la reproduction naturelle et artificielle chez l'espèce ovine;

3000fr à MM. **Charles Lombard** et **Robert Lasserre**, professeurs à l'École nationale vétérinaire de Toulouse, pour leurs recherches sur la contagion, l'hérédité et le traitement du cancer chez les animaux domestiques;

1000fr à M. **François Maignon**, professeur à l'École nationale vétérinaire d'Alfort, pour ses travaux sur l'action dégradatrice, *in vitro*, des ferments anaphylactiques et sur la nature et le mode d'action de l'alexine;

6000fr à M. **Jules Rouch**, capitaine de vaisseau, professeur à l'Institut océanographique, pour effectuer des recherches de physique du globe et d'océanographie physique sur les côtes américaines du Pacifique.

4000fr à M. **Marcel Véron**, professeur au Conservatoire national des arts et métiers, pour ses recherches sur la déflagration et la détonation des mélanges gazeux combustibles.

Achat de matériel de laboratoire.

5000fr à M. **Casimir Monteil**, professeur au Conservatoire national des arts et métiers, pour parfaire l'installation de moteurs Diesel destinés aux manipulations des élèves.

Publications.

3000fr à l'**Association française pour l'avancement des Sciences**, pour la publication d'un travail de M. Devaux, correspondant de l'Académie, sur les lames monomoléculaires des êtres vivants;

4000fr à M. **Fernand Baldet**, astronome titulaire de l'Observatoire de Paris-Meudon, président de la *Bibliographie mensuelle de l'astronomie*, pour cette revue;

10000fr au **Bureau d'Études géologiques et minières coloniales**, comme contribution à la publication d'une bibliographie géologique et minière de la France d'Outre-mer;

10000^{fr} au **Muséum national d'Histoire naturelle**, pour la publication du catalogue des collections de Poissons et de Cœlentérés.

Bibliothèques.

10000^{fr} à l'**École polytechnique**, pour sa Bibliothèque.

5000^{fr} à l'**École nationale vétérinaire de Lyon**, pour l'achat de périodiques spécifiquement vétérinaires;

3000^{fr} à l'**École nationale vétérinaire de Toulouse**, pour compléter les collections françaises et étrangères d'ouvrages et de publications scientifiques;

L'ensemble des subventions accordées s'élève à la somme de 107000^{fr}. Nous en donnons la récapitulation dans le tableau suivant :

1° *Recherches sur des questions déterminées :*	fr	
M. Félicien Bœuf	10000	
M. Henri Erhart	6000	
M. Pol Florentin	5000	
MM. Hans Halban et Lew Kowarski	15000	
M. Charles Hervieux	2000	
MM. Maurice Lemoigne et Joseph Lefèvre	2000	57000
M. Étienne Letard	3000	
MM. Charles Lombard et Robert Lasserre	3000	
M. François Maignon	1000	
M. Jules Rouch	6000	
M. Marcel Véron	4000	
2° *Achat de matériel de laboratoire :*		
M. Casimir Monteil	5000	5000
3° *Publications :*		
Association française pour l'avancement des Sciences	3000	
M. Fernand Baldet	4000	27000
Bureau d'Études géologiques et minières coloniales	10000	
Muséum national d'Histoire naturelle	10000	
4° *Bibliothèques :*		
École Polytechnique	10000	
École nationale vétérinaire de Lyon	5000	18000
École nationale vétérinaire de Toulouse	3000	
Total		107000

FONDATION Mme VICTOR NOURY.

(Commissaires : MM. A. Béhal, G. Perrier, Ém. Picard, R. Bourgeois, L. Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner :

— un prix de 2500^f à M. **André Seyrig**, ingénieur des mines, Directeur d'exploitation de mines à Madagascar. M. Seyrig est aussi un spécialiste réputé du groupe des Ichneumonides (Hyménoptères), Insectes nombreux et intéressants par leur biologie; il a publié sur eux des Mémoires fort estimés.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION HENRY LE CHATELIER.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, A. Lacroix, G. Charpy, L. Lumière, M. Laubeuf, G. Claude, R. Esnault-Pelterie; L. Guillet, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation à M. **Pierre Laurent**, ingénieur des arts et manufactures, préparateur à l'École centrale, pour ses recherches sur le diagramme des alliages aluminium-cuivre-glucinium.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.



FONDATIONS SPÉCIALES.



FONDATION LANNELONGUE.

(Commissaires : MM. A. Béhal, G. Perrier, Ém. Picard, R. Bourgeois, L. Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

Les arrérages de la fondation sont attribués à Mme **Gabriel Cusco**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HELÈNE HELBRONNER-FOULD.

(Commissaires : MM. A. Béhal, G. Perrier, Ém. Picard, J.-L. Breton, M. de Broglie, A. Desgrez, A. de Gramont, L. Martin, C. Gutton, J. Duclaux, G. Roussy, J. Jolly, N.; A. Lacroix, rapporteur.)

En novembre 1936, notre regretté Confrère, M. Helbronner, déposait au secrétariat de l'Académie une Note exprimant le désir que le prix fondé par lui, à décerner en 1939, fût réservé à la Veuve de « **Xavier Léon**, l'éminent philosophe, créateur, animateur et directeur pendant 40 ans de la *Revue de métaphysique et morale* ».

La Commission propose à l'Académie de respecter le désir ainsi exprimé par le fondateur.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX D'AUMALE.

(Commissaires : MM. A. Béhal, G. Perrier, A. Lacroix, R. Bourgeois, L. Bouvier; Ém. Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à Mme **Edmée Chandon**, astronome-adjoint à l'Observatoire de Paris, pour ses travaux de mécanique céleste.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

NOTA.

En raison des circonstances, l'Académie a décidé de reporter à 1940 *certains des prix et subventions qui ne sont pas signalés ci-dessus.*

LECTURE.

M. **Émile Picard**, Secrétaire perpétuel, lit une Notice sur *Les basses températures et l'œuvre de M. Kamerlingh Onnes, associé étranger de l'Académie.*

A. Lx et É. P.

TABLEAU DES PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS.

ANNÉE 1939.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

BOTANIQUE.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

CANCER ET TUBERCULOSE.

PHYSIOLOGIE.

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

OUVRAGES DE SCIENCES.

MÉDAILLES.

PRIX GÉNÉRAUX.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 27 DÉCEMBRE 1939.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE BÉHAL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce la mort de M. **Max Laubeuf** et donne lecture de la Notice suivante :

L'Académie vient d'être frappée par la perte d'un grand ingénieur, **Max Laubeuf**, Membre de la Section des Applications de la Science à l'Industrie.

Né le 23 novembre 1864 à Poissy, Max Laubeuf entra à l'École Polytechnique en 1883 et en sortit dans le corps du Génie maritime. Dès ses débuts dans cette carrière, il se trouva aux prises avec de nombreux problèmes auxquels il appliqua ses qualités d'observation et son aptitude à la discussion scientifique. Les questions qui retinrent particulièrement son attention ressortissaient de domaines fort divers; influence de la profondeur d'eau sur la vitesse des navires, mesures dynamométriques pendant la giration, formes de carènes des bâtiments rapides, chauffe des chaudières, étude du perçage, influence du sens de rotation des hélices sur les navires à deux hélices, travail des matériaux d'acier, influence du nombre d'hélices. Dans tous ces travaux, il montre un esprit curieux de tous les détails d'une technique des plus variées et une analyse fine de phénomènes souvent fort complexes. Toute sa vie, il s'intéressa à des problèmes d'avant-garde dans de nombreux domaines, mais, nous dit notre Confrère M. Barrillon, celui qui le passionna toujours fut le problème de la navigation sous-marine.

Vers la fin du siècle dernier, la nécessité militaire de la navigation sous-marine était déjà reconnue, et en 1896 la marine mettait au concours un projet de sous-marin à la suite duquel furent retenus deux projets de sous-marins fusiformes et un projet très original de Laubeuf intitulé torpilleur submersible. Ce dernier projet, qui devait devenir le *Narval*, comportait à

l'intérieur d'une coque légère ayant sensiblement les formes d'un torpilleur, une coque résistante en forme de cigare; l'espace compris entre les deux coques constituait les ballasts, c'est-à-dire les réservoirs dont le remplissage par l'eau amène la perte de flottabilité indispensable pour la plongée. Le submersible de Laubeuf, ayant une coque extérieure de navire de surface, se trouve apte à naviguer également bien sur et sous l'eau, et l'on sait maintenant que la réunion de ces qualités est indispensable. La hardiesse de l'innovation apparaît dans le rapport entre le poids du navire en surface et le poids d'eau à introduire pour la plongée. Tandis que, dans un sous-marin antérieur au *Narval* et dans les projets concurrents, le poids d'eau à introduire eût été de 5 tonnes pour un poids en surface de 116 tonnes, Laubeuf conçoit d'emblée un poids de 86 tonnes d'eau embarqué pour un poids en surface de 116 tonnes. Le projet de Laubeuf n'était donc pas une évolution d'un type connu, mais une véritable révolution. Pour qui connaît la difficulté qu'il y a dans les sujets techniques, et plus spécialement dans les sujets militaires, à sortir des sentiers battus, pour qui sait combien de qualités contradictoires doivent être harmonisées dans un projet de navire, l'entreprise de Laubeuf apparaît comme particulièrement hardie. De cette époque date la lutte entre le sous-marin et le submersible, lutte qui devait se poursuivre âprement pendant plusieurs années, et qui se termina par l'adoption dans toutes les marines, comme bâtiment de haute mer, du submersible de Laubeuf; seul le nom de sous-marin est resté. Inventeur génial, Laubeuf a eu la joie de voir ses idées adoptées dans le monde entier.

Pour arriver à un pareil succès, les dons les plus brillants du technicien ne suffisent pas; il faut encore une opiniâtreté farouche et un réel talent dans l'art de convaincre. Max Laubeuf réunissait toutes ces qualités. Il avait au plus haut degré l'esprit de finesse qui le préservait des faux pas sur une route remplie d'embûches, et une séduction naturelle que ses contemporains qualifiaient d'enchantement; que ce fût sur le chantier de construction du *Narval*, parmi les ouvriers qui montaient le bâtiment, ou plus tard, à bord du navire, parmi l'État-Major et l'équipage, il savait d'un mot faire naître l'enthousiasme et le dévouement.

Attentif aux faits d'expérience et sachant s'y plier sans effort, imbu de cette idée féconde qu'ingénieur et utilisateur sont des collaborateurs dont la bonne entente facilite et active les progrès de l'œuvre à laquelle ils sont attelés, il fit volontairement partie de l'État-Major du *Narval* au cours de toutes les plongées effectuées pendant les six premiers mois de la vie de son navire.

A cette époque la navigation sous-marine, encore à ses débuts, n'allait pas sans une certaine crainte de l'accident fatal, crainte encore aggravée par l'emploi d'un type de bâtiment absolument nouveau. Soucieux de ses responsabilités d'inventeur et de son honneur d'officier, Laubeuf marquait par sa présence à toutes les plongées sa volonté d'être au milieu des marins au cas où il y aurait eu danger.

Dans cette vie constante à bord, il recueillit une ample moisson d'enseignements, de nouveaux sujets d'études, d'observations discutées et contrôlées par les officiers, ce qui lui permit d'améliorer son prototype et de créer par la suite toute une série de bâtiments aussi réussis du point de vue constructeur que du point de vue marin. Et dans toutes les sorties, il goûtait la joie de la vie en commun à la mer avec quelques officiers animés par une foi égale à la sienne.

L'harmonie entre le commandement et le technicien, harmonie faite de compréhension mutuelle et de désir commun de perfection, n'a pas eu de meilleur apôtre que Laubeuf. Dans le domaine moral comme dans le domaine technique, Laubeuf a réuni les qualités du cœur et celles de l'esprit. A ce double titre c'est un devoir de rendre un pieux hommage à sa mémoire. Ce grand ingénieur a bien mérité de la marine et du pays.

Nous présentons nos condoléances émues à sa famille.

M. le **Président** rappelle à l'Académie qu'à l'occasion de la Nouvelle année, la prochaine séance ordinaire aura lieu le mercredi 3 janvier au lieu du lundi 1er.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les valeurs des fonctions holomorphes.* Note de M. **Paul Montel**.

1. Une fonction $f(z)$, holomorphe dans le cercle-unité et prenant la valeur a en un point de ce cercle, ne peut prendre une valeur différente b qu'en des points dont la distance non euclidienne au premier, définie en prenant le cercle-unité comme cercle fondamental, n'est pas inférieure à une limite qui ne dépend que des valeurs a, b, et du module maximum de la fonction dans le cercle (¹).

(¹) E. Landau, *The Tohoku Mathematical Journal*, 5, 1914, p. 104 et 107; P. Sergescu, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 322.

La raison de l'existence d'un minimum pour la distance des zéros de $f(z)-a$ et de $f(z)-b$ se trouve dans le fait qu'une famille de fonctions holomorphes et uniformément bornées dans le cercle-unité est normale dans l'intérieur de ce cercle. On obtient le même résultat pour toute famille normale. En d'autres termes : *si une famille de fonctions holomorphes dans le cercle-unité est normale dans l'intérieur de ce cercle, à chaque domaine complètement intérieur au cercle correspond un nombre positif δ tel que la distance de deux points en lesquels la fonction prend deux valeurs différentes fixes a et b soit supérieure ou égale à δ.*

2. Voici une classe de fonctions holomorphes dans le cercle-unité pour lesquelles la valeur de δ peut être déterminée exactement, ainsi que la fonction pour laquelle le minimum est atteint. Ce sont les fonctions représentées par le développement

$$f(z)=a+a_1z+a_2z^2+\ldots+a_nz^n+\ldots$$

pour lesquelles l'inégalité

$$\sum_{n=1}^{\infty}|a_n|^\alpha b_n^\alpha \leqq R^\alpha$$

est vérifiée, R désignant un nombre positif fixe, α un nombre supérieur à l'unité et b_n une suite de nombres positifs ou nuls vérifiant la condition

$$\overline{\lim}\sqrt[n]{b_n}\geqq 1.$$

Considérons la fonction

$$\varphi(z)=\frac{z}{b_1^\beta}+\frac{z^2}{b_2^\beta}+\ldots+\frac{z^n}{b_n^\beta}+\ldots,$$

dans laquelle β est lié à α par la relation

$$\frac{1}{\alpha}+\frac{1}{\beta}=1.$$

Cette fonction est holomorphe dans le cercle-unité. Soit δ la racine positive de l'équation

$$\varphi(\rho^\beta)=\left|\frac{b-a}{R}\right|^\beta.$$

Pour toute fonction de la famille, le module d'un zéro de $f(z)-b$ est au moins égal à δ.

Le minimum est atteint pour la fonction

$$f_0(z)=a+\frac{R^\beta}{|b-a|^{\beta-1}}\varphi(\delta^{\beta-1}z),$$

en supposant, comme on peut toujours le faire, que $b - a$ est réel et positif. On a

$$f_0(0) = a, \qquad f_0(\delta) = b.$$

Par exemple, si $b_n = 1$, on a

$$\delta = \frac{|b-a|}{[R^\beta + |b-a|^\beta]^{\frac{1}{\beta}}},$$

$$f_0(z) = b + \frac{b-a}{\delta}\,\frac{z-\delta}{1-\delta^{\beta-1}z}.$$

Si $\alpha = 2$, la condition imposée à la fonction exprime que la valeur moyenne quadratique du module de $f(z) - a$ sur la circonférence-unité est bornée.

Si $b_n = \sqrt{n}$, $\alpha = 2$, l'aire totale couverte par les points représentatifs des valeurs de $f(z)$ est uniformément bornée. On a

$$\delta = \sqrt{1 - e^{\left|\frac{b-a}{R}\right|^2}},$$

$$f_0(z) = \frac{R^2}{|b-a|}\log\frac{1-\delta^2}{1-\delta z} + b.$$

3. Examinons les cas limites où α est égal à l'unité ou à l'infini et supposons $b_n = 1$ pour simplifier. Dans le premier cas, pour lequel

$$\sum_{n=1}^{\infty} |a_n| \leqq R,$$

on trouve que la valeur de δ est $|(b-a/R)|$ et que cette limite est atteinte pour la fonction

$$f_0(z) = a + \frac{b-a}{\delta} z.$$

Dans le second cas, la condition devient

$$|a_n| \leqq R \qquad (n = 1, 2, \ldots).$$

On obtient alors pour δ la valeur limite donnée par $\beta = 1$:

$$\delta = \frac{|b-a|}{R + |b-a|}$$

et

$$f_0(z) = a + R\,\frac{z}{1-z}.$$

4. La famille des fonctions $f(z)$ vérifiant l'inégalité

$$\sum_{n=1}^{\infty} |\alpha_n|^\alpha b_n^\alpha \leqq R^\alpha$$

est normale dans l'intérieur du cercle-unité. Il en résulte que la famille des fonctions dérivées $f'(z)$ est normale et bornée. *On peut obtenir aussi la limite exacte du module maximum de $f'(z)$.* Posons

$$\psi(z)=\frac{1^\beta z}{b_1^\beta}+\frac{2^\beta z^2}{b_2^\beta}+\ldots+\frac{n^\beta z^n}{b_n^\beta}+\ldots.$$

On a

$$|f'(z)|\leqq\frac{R}{\rho}[\psi(\rho^\beta)]^{\frac{1}{\beta}},\qquad |z|\leqq\rho<1.$$

La limite supérieure est atteinte pour la fonction $f_0(z)$ telle que

$$f'_0(z)=\frac{R}{[\psi(\rho^\beta)]^{\frac{1}{\alpha}}}\,\frac{\psi(\rho^{\beta-1}z)}{z}.$$

Par exemple, pour $\alpha=2$, $b_n=1$, on a

$$|f'(z)|\leqq R\sqrt{\frac{1+\rho^2)^2}{(1-\rho^2)^3}},$$

$$f_0(z)=a+R\sqrt{\frac{(1-\rho^2)^3}{1+\rho^2}}\,\frac{z}{(1-\rho z)^2}.$$

Pour $\alpha=2$, $b_n=\sqrt{n}$, on a

$$|f'(z)|\leqq\frac{R}{1-\rho^2},$$

$$f_0(z)=a+R(1-\rho^2)\frac{z}{1-\rho z}.$$

5. Soit $f(z)$ une fonction holomorphe dans le cercle-unité. Posons

$$\sum_{n=1}^{\infty}|a_n|^\alpha b_n^\alpha=R^\alpha$$

en supposant R fini.

Si l'on considère une famille de fonctions $f(z)$, *elle est normale si aucune fonction limite de l'ensemble des fonctions $f(z)/R$ n'a de zéro dans le cercle; elle est quasi normale si aucune fonction limite de cet ensemble n'est identiquement nulle*, par exemple si $f(z)$ remplit, la condition

$$|f(0)|=|a|\geqq\lambda R,$$

λ désignant un nombre positif fixe.

Cette condition étant supposée remplie, *la famille des fonctions $f(z)$ admet un noyau de normalité :* elle est normale dans un cercle de centre origine et de rayon δ que l'on peut calculer de la manière suivante.

Si $\varphi(1) \leqq \lambda^\beta$, on peut prendre $\delta = 1$. Si $\varphi(1) > \lambda^\beta$, δ est la racine de l'équation

$$\varphi(\delta^\beta) = \lambda^\beta.$$

Cette limite est exacte et atteinte pour la famille de fonctions

$$f_p(z) = p[\varphi(\delta^{\beta-1}z) - \varphi(\delta^\beta)] \qquad (p = 1, 2, \ldots),$$

pour laquelle

$$f_p(0) = a = -\lambda R.$$

Par exemple, pour $\alpha = 2$, $b_n = 1$, $\delta = \frac{\lambda}{\sqrt{1+\lambda^2}}$. Pour $\alpha = 2$, $b_n = \sqrt{n!}$, $\delta = \log\sqrt{1+\lambda^2}$ si λ est inférieur à $\sqrt{e-1}$; $\delta = 1$, si λ est supérieur ou égal à $\sqrt{e-1}$.

CHRONOMÉTRIE. — *Sur l'usage périodique d'une heure d'hiver et d'une heure d'été.* Note de M. **Ernest Esclangon.**

Midi, le midi de nos montres devrait logiquement, par son appellation même, marquer le milieu du jour. C'est impossible pour deux raisons : d'abord à cause de l'usage d'une heure unique pour la France et même pour l'Angleterre, alors que, précisément, le milieu du jour s'y produit à des instants différents; qu'entre Nice et Brest, par exemple, la différence atteint 47 minutes; ensuite parce que le Soleil ne se déplace pas régulièrement dans le ciel, l'amplitude des écarts, au cours de l'année, dépassant 30 minutes. Pour adapter l'heure de nos horloges au mieux de la vie quotidienne, il faut donc s'en remettre à des compromis, et c'est sur les modalités de ces compromis que peuvent porter les discussions.

Psychologiquement, et eu égard à nos habitudes, nous nous laissons guider par l'heure de nos montres sans trop nous soucier de sa signification astronomique. Pour nous, la *matinée* est comprise entre l'heure de notre lever et midi de nos montres; l'*après-midi* entre midi et l'heure de notre dîner. Pour les habitants des villes, ces heures sont consacrées par des habitudes invétérées, sans considération précise du jour défini par la marche du Soleil.

Matinée et soirée sont ainsi fort inégales, car si, pour un très grand nombre de personnes, la matinée commence à 7 heures, par exemple, donc cinq heures avant midi, l'après-midi se termine à 8 heures, avec une durée de trois heures plus longue que la matinée. Ne parlons pas des populations rurales dont les seuls guides sont bien vraiment, en toute saison, la naissance et la fin du jour.

Le choix du midi de nos montres qui, dans les villes, règle si étroitement les habitudes, étant de toute façon conventionnel, la fixation doit en être réglée au mieux des commodités et des intérêts du plus grand nombre. Ici se pose la question préjudicielle des discontinuités à consentir dans l'heure adoptée et correspondant aux brusques changements semi-annuels. Nul doute qu'elles entraînent, au moins temporairement, quelques difficultés regardées par certains comme sérieuses; toutefois nous n'insisterons pas sur ce côté de la question pour nous limiter à l'étude des dates auxquelles, si l'on admet des changements d'heure, ceux-ci doivent être logiquement effectués.

Dans le choix du midi conventionnel à adopter, en partant de ce principe que nos habitudes sont attachées aux heures marquées par nos montres, il faut considérer tout d'abord que les phases de nuit matinales, dans la période d'activité journalière, sont moins bien acceptées que les phases nocturnes de fin d'après-midi, mais il faut éviter aussi que le début de l'activité générale journalière, mettons 7^h du matin, soit précédé d'une phase inutilisée de jour, alors que l'après-midi se terminerait par une phase importante de nuit. En plein été, la durée du jour est telle qu'elle déborde toujours largement sur la période d'activité quotidienne et, quel que soit le choix de l'heure, dans des limites convenables, une telle circonstance n'est pas à craindre. Par contre, en hiver et moyenne saison, la nuit a tendance à empiéter matin et soir sur la journée active, et il faut choisir sur l'importance relative qu'on veut ou qu'on peut donner à ces empiètements.

Mais considérons les mois d'*octobre* et de *mars*, au cours desquels, conformément à la loi du 24 mai 1923, il est habituellement fait usage de l'heure d'hiver, heure correspondant, comme on sait, au temps solaire moyen de Greenwich. Le 1er mars, à Paris, le jour naît à 6^h du matin pour se terminer à 18^h. Pour le plus grand nombre, dans les villes, une heure de clarté est ainsi perdue le matin, alors que l'après-midi se termine après plus d'une heure de nuit. Avec l'heure d'été, ces heures, entre lesquelles il fait effectivement jour, deviendraient 7^h et 19^h, correspondant beaucoup mieux à la période d'activité générale. Il y aurait donc un intérêt manifeste à faire usage, *déjà à cette date du 1er mars*, de l'heure d'été. Prenons de même le 1er novembre; compté en heure d'hiver, le jour débute, à Paris, à 6^h également, pour finir à 17^h. Avec l'heure d'été, ces heures deviennent 7^h et 18^h (1). Il y aurait donc le même intérêt à faire usage, *encore à cette date*, de l'heure d'été.

---

(1) Dans ces données horaires, il est tenu compte de l'aube et du crépuscule.

On peut remarquer que si, aux dates des 1er novembre et 1er mars, le jour se lève

Dans ces deux cas, sans nuire en rien aux commodités matinales *du plus grand nombre*, puisque le jour commencerait à 7 heures au lieu de 6, *pour tous*, sans exception, il y aurait gain d'une heure de jour supplémentaire en fin d'après-midi et par suite, en plus d'un agrément accru, économie générale d'une heure d'éclairage.

On peut dire, en définitive, que les mois de mars et d'octobre sont précisément les plus *sensibles* et les plus avantageux au point de vue de l'usage de l'heure d'été, parce que la durée du jour, et celle de l'activité journalière y sont sensiblement égales et que l'heure d'été permet précisément de les faire cadrer mutuellement, au mieux des commodités et des intérêts économiques. C'est même en ces périodes de transition, entre les saisons extrêmes d'hiver et d'été, que l'heure d'été peut conduire aux économies les plus certaines et les plus étendues.

Si l'on admet le principe des *changements périodiques d'heure, c'est donc aux environs du 1er mars et du 1er novembre qu'ils doivent être normalement opérés* et non aux environs du 1er avril et du 1er octobre, ainsi qu'il résulte de la loi du 24 mai 1923. Sans doute, quelques écarts à ces données se manifestent vis-à-vis des diverses régions, en raison des différences de longitude et latitude, mais elles ne sont pas de nature à modifier l'essentiel de ces conclusions. Logiquement, c'est pendant 8 mois, et non pas seulement 6, qu'il conviendrait de faire usage de l'heure d'été. Ces conditions, déjà impératives en temps de paix, prennent une importance exceptionnelle en temps de guerre. Par l'obscurité qui règne la nuit dans les villes, elles donnent encore plus de prix aux heures de jour qu'on peut inclure ainsi dans la période d'activité quotidienne.

Si, enfin, devant les inconvénients de discontinuités dues aux changements d'heure, on devait juger désirable de s'en tenir à une heure unique, valable pendant l'année entière, il ne serait pas absolument déraisonnable de choisir pour celle-ci l'heure dite d'été; la phase de nuit matinale assez importante qui en résulterait en hiver ne gênerait qu'une fraction limitée de la population, alors que le gain d'une heure de jour l'après-midi intéresserait la population tout entière.

(à Paris) à la même heure, il se termine une heure plus tôt le 1er novembre. Mais précisément à cause de la tendance à préférer, dans la période d'activité quotidienne, une phase nocturne en fin d'après-midi à une phase nocturne le matin, il y a lieu, en octobre comme en mars, d'adopter l'heure d'été, ce qui, à ces époques, place le début de l'activité matinale à la naissance du jour.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le jaunissement automnal des feuilles de Betterave*. Note de M. **Henri Colin** et Mlle **Simone Lemoyne**.

Le jaunissement des feuilles à l'automne a fait l'objet d'un grand nombre de recherches. L'attention s'est portée tout d'abord sur les arbres à feuilles caduques où le phénomène revêt une telle ampleur; les physiologistes (Combes, Echevin, Michel-Durand) ont étudié de près les changements qui se produisent à l'arrière-saison dans la composition de la feuille : abaissement du taux de l'azote et des cendres, solubilisation partielle de l'azote et du phosphore protidiques.

Rien de tel ne se voit dans les feuilles persistantes tant quelles restent en parfait état; mais elles ne sont pas éternelles et, sitôt qu'elles se mettent à pâlir, elles deviennent le siège de modifications chimiques analogues à celles qu'on observe dans les feuilles caduques.

Pour les plantes telles que la Betterave, le bouquet foliaire, sauf invasions parasitaires, sécheresse ou gelée, est bien conservé au début de l'automne; néanmoins les feuilles de la périphérie, les plus anciennes par conséquent et les plus développées, commencent à jaunir, plus ou moins suivant les conditions climatiques; le parenchyme s'épaissit et devient cassant. Il n'y a pas de mécanisme préposé à la chute de ces feuilles, même flétries elles restent attachées au collet. Voici leur composition en fin de saison, les unes encore vertes, les autres presque complètement décolorées.

		Parenchyme foliaire.	
		Vert.	Jaune.
Sec		17,4	18,6
Glucides % du sec	sucres réducteurs	4,36	9,65
	saccharose	4,03	4,03
	total	8,39	13,68
N organique % du sec	soluble	1,15	0,81
	insoluble	2,85	1,52
	total	4,00	2,33
N soluble : N insoluble		0,41	0,53
P % du sec	soluble	0,118	0,101
	insoluble	0,145	0,089
	total	0,263	0,190
P soluble : P insoluble		0,81	1,13

		Parenchyme foliaire.	
		Vert.	Jaune.
Cendres % du sec	solubles	9,9	8,2
	insolubles	4,8	5,0
	totales	14,7	13,3
Cendres solubles : Cendres insolubles		2,1	1,6
Alcalinité % du sec (en cm³ de liqueur normale)	soluble	94	70,5
	insoluble	112	102,5
	totale	206	173
Alcalinité soluble : Alcalinité insoluble		0,83	0,68

Les feuilles vertes de la périphérie n'offrent déjà plus la composition des feuilles moins âgées prélevées à la même époque. Celles-ci ont en moyenne 15 % de sec, 7 % de sucres, 17 % de cendres, 5 % d'azote dont la majeure partie insoluble.

Les glucides solubles des feuilles jaunes sont un mélange de saccharose et de sucre interverti dans la proportion de 1 à 2 environ. L'amidon est parfois abondant, mais ce n'est pas la règle absolue, tant s'en faut; à cet égard l'influence des conditions climatiques est prépondérante.

Avec la richesse en sucre, le trait le plus caractéristique du parenchyme foliaire décoloré est sa faible teneur en azote organique, relativement aux feuilles normales. On ne voit pas d'autre explication que la migration vers la racine. L'augmentation si nette du rapport N soluble/N insoluble en est l'indice, la preuve directe en est fournie, pour peu que le jaunissement se généralise, par la teneur élevée de la souche en azote soluble, d'où le dégagement insolite d'ammoniaque au chaulage et l'abondance des sels de chaux dans les jus épurés.

Les vicissitudes du phosphore organique sont analogues à celles de l'azote.

Les feuilles jaunes laissent moins de cendres que les vertes, l'écart peut être de 5 à 6 points dans les cas extrêmes. Le déficit porte sur les cendres solubles, non seulement sur les sels minéraux mais sur les organates. Le rapport de l'alcalinité soluble à l'insoluble tombe ainsi au-dessous de l'unité alors qu'il atteignait 3 ou 4 auparavant. La migration des sels de potasse ne paraît pas douteuse; comme celle de l'azote elle précède le jaunissement et l'accumulation des sucres dans le limbe.

Pour certains phytopathologues les feuilles décolorées sont atteintes de *jaunisse*, maladie à virus propagée par les pucerons et dont l'un des effets serait d'abolir la migration des principes vers la racine par oblitération des

canaux libériens, la concentration des sucres entraînant la dégénérescence des chloroplastes.

Faudrait-il en dire autant d'autres plantes, Carotte, Topinambour, Soleil annuel, que ne visitent pas les pucerons et dont les feuilles jaunissent à l'automne en présentant, à des degrés divers, les caractères que nous venons d'observer sur les feuilles de Betterave?

Quoi qu'il en soit, les glucides présents dans ces feuilles n'en sortiront plus, vu la défaillance du pétiole; ils sont perdus pour la souche et ne peuvent que devenir la proie des microorganismes. C'est ce qui explique qu'un effeuillage judicieux nuise relativement peu au rendement de la Betterave; Claude Bernard fit grand cas de cet argument dans la querelle académique qui le mit aux prises avec Duchartre et les botanistes à propos de la genèse du sucre dans la racine (1875).

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur un dosage de l'acide hippurique par colorimétrie.* Note de M. **Georges Denigès.**

Dans le cours de recherches entreprises pour étudier la répartition, dans l'organisme, de l'acide hippurique formé par ingestion d'acide benzoïque ou de ses dérivés salins, j'ai d'abord essayé d'établir un procédé certain et quasi spécifique pour la diagnose et le dosage du premier de ces acides, en présence du second. C'est le résultat de ces essais que je fais ici connaître.

J'ai montré jadis ([1]), mais sommairement, que cette diagnose se faisait fort bien à l'aide de l'hypobromite de sodium qui, sans action apparente sur l'ion benzoïque, même à chaud, disloquait d'abord la molécule hippurique en un tronçon acétique et benzamidique, puis, agissant comme bromurant ([2]), sur ce dernier, le transformait en benzamide bromée, très peu soluble, se présentant, dans le liquide d'épreuve, sous forme d'un précipité rouge Kermès, perceptible avec de faibles quantités d'ion hippurique ([3]).

([1]) *Comptes rendus*, **107**, 1888, p. 163; *Soc. Pharm. de Bordeaux*, 1888, p. 325.

([2]) Ainsi que cela se passe dans l'action de l'hypobromite de sodium sur l'acétone, par exemple.

([3]) La benzamide, en solution alcaline, traitée par l'hypobromite de sodium, donne d'ailleurs les mêmes résultats que l'acide hippurique, mais bien plus rapidement (quelques secondes, à peine, d'ébullition) que cet acide. Cette différence résulte de ce que celui-ci exige, à l'encontre de l'amide, une rupture moléculaire préalable avant que puisse intervenir la réaction benzamidique, d'où une sorte de *temps perdu* pour arriver à la formation du dérivé bromé.

Une odeur caractéristique de benzonitrile, résultant de la déshydratation de traces de la benzamide, d'abord formée, est en même temps perçue.

Dans mes essais actuels, j'ai constaté que la réaction se faisait plus régulièrement et plus complètement au bain-marie bouillant (5 à 10 minutes) que par ébullition directe à la flamme, et qu'un trouble très sensible, suivi au bout de 15 à 20 minutes d'un précipité rouge, s'obtenait très aisément même avec une solution alcaline d'acide hippurique ne renfermant pas plus d'un gramme, de ce composé, par litre. Il suffit, pour cela, de mélanger et porter au bain-marie bouillant, dans un tube, 5^{cm^3} de cette solution et 2^{cm^3} d'hypobromite de sodium récent préparé par mélange de 10^{cm^3} de solution d'hydroxyde de sodium (du titre dit : lessive des savonniers), de 20^{cm^3} d'eau et de 1^{cm^3} de brome.

Un trouble léger, mais très net, s'observe encore en réduisant à moitié la teneur du liquide en acide hippurique ($0^g,50$ par litre).

L'utilisation de ce caractère, dont la mise en évidence est extrêmement commode et sûre, pour distinguer les ions benzoïque et hippurique, ne se prête guère au dosage de ceux-ci.

Au contraire, une propriété, que j'ai tout récemment découverte, de la benzamide bromée d'être soluble, en les colorant proportionnellement à sa masse, dans un grand nombre de solvants non miscibles à l'eau, quand on agite avec eux ses suspensions aqueuses, m'a permis de réaliser un mode de dosage, très facile à appliquer et exact, du dernier de ces ions.

Les principaux de ces solvants sont les suivants :

a. Solvants plus lourds que l'eau. — Chloroforme, tétrachlorure de carbone, sulfure de carbone, éthane tétrachloré.

b. Solvants moins lourds que l'eau. — Benzène, toluène, xylène, oxyde d'éthyle, alcool isobutylique, alcool isoamylique.

Parmi les premiers, le chloroforme se prête particulièrement à ces déterminations et l'oxyde d'éthyle, parmi les seconds.

En opérant, ainsi qu'il a été dit plus haut, sur 5^{cm^3} de solution hippurique, puis en agitant fortement, pendant au moins une demi-minute, le produit de la réaction réalisée à l'aide de l'hypobromite, avec soit 1^{cm^3} de chloroforme, soit $1^{cm^3},5$ d'éther (pour tenir compte de la solubilité de ce véhicule dans l'eau), puis laissant reposer pendant quelques instants, on obtient, avec l'un, une couche sous-jacente d'une teinte rappelant celle des dichromates alcalins; avec l'autre, et en surface, un anneau coloré de même nuance.

Dans les deux cas une coloration faiblement rosée est encore perceptible lorsque la dose d'acide hippurique s'abaisse jusqu'à $0^g,20$ par litre.

La présence d'un très grand excès d'ion benzoïque ne trouble, en rien, les résultats.

Comme application de ces données, on peut, par comparaison avec des solutions titrées d'acide hippurique traitées dans des conditions identiques à celles des produits à doser et en faisant varier, suivant les cas étudiés, d'une part la quantité des liquides renfermant l'acide amidé et, proportionnellement, celle de l'hypobromite; d'autre part, le volume du solvant non miscible à l'eau, effectuer, à l'aide du chloroforme, notamment, d'excellents dosages, d'ion hippurique, mélangé ou non à l'ion benzoïque.

Les hypochlorites alcalins, utilisés dans les mêmes conditions que les hypobromites, donnent aussi, avec l'ion hippurique, un dérivé chlorobenzamidé, coloré, parallèle à celui que fournissent ces derniers, soluble comme lui dans les mêmes solvants, mais avec une teinte tirant plutôt vers le jaune.

Il convient d'ajouter, toutefois, que la réaction fournie par les hypochlorites est bien moins sensible que celle que produisent les hypobromites et ne peut être employée utilement pour le dosage qui nous occupe ici.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'hérédité chez les descendants du Topinambour greffé.* Note de M. Lucien Daniel.

Au cours de cette année, j'ai pu, grâce à la subvention que m'a accordée l'Académie des Sciences sur la fondation Loutreuil, étudier la 10e génération de l'*Helianthus tuberosus Dangeardi* et la comparer avec les générations précédentes. Mes semis ont fourni 431 germinations qui ont été plantées à un mètre de distance en tous sens. J'ai observé, comme à l'ordinaire, une variété considérable des pieds dont aucun ne se ressemblait comme précocité, développement de l'appareil végétatif ou de l'appareil reproducteur. Entre la grandeur des tiges, des feuilles, leur forme et leur coloris, il y avait tous les passages comme aussi dans les caractères de l'inflorescence qui manquait parfois ou avait pris un développement considérable.

Ce qu'il y a eu de plus remarquable, c'est l'héritage, à des degrés divers, des caractères nouveaux apparus à la suite de la lutte pour la vie chez l'ancêtre greffé sur Soleil annuel. 40 exemplaires portaient des tubercules aériens, des rhizomes aériens ou des racines aériennes adventives en forme de moignons. Presque tous présentaient en même temps des

anneaux de parenchyme de réserve à la base d'insertion des rameaux sur la tige principale. Ces pieds modifiés étaient en général colorés en brun violacé noirâtre, couleur que je n'ai pas observée sur leur ancêtre non greffé, mais qui était apparue chez les Topinambours greffés. On peut donc considérer ces caractères *nouveaux* comme *acquis*, d'autant plus qu'ils se conservent par multiplication végétative (tubercules souterrains) chez l'*Helianthus Dangeardi* et ses dérivés des 9 générations antérieures, ainsi que chez les *Helianthus tuberannuus*.

Les dégénérescences par l'action du greffage se manifestent plus ou moins vite suivant les espèces de plantes, leur vitalité relative, la durée de leur vie et aussi le mode de vie qui leur est imposé. Chez le Topinambour greffé, elles ont été rapides; plus lentes sont celles des Pommiers en Bretagne, des Pruniers d'ente dans l'Agenais, des variétés d'Ormes greffés dans l'Ouest; enfin les plus lentes ont été celles des Châtaigniers greffés dans les Cévennes et dans l'arrondissement de Redon en Bretagne. Mais la cause est la même. Comme je l'écrivais en 1894 (1) : « C'est, à mon avis, dans les rapports si modifiés par la greffe (chez les symbiotes) qu'il faut chercher la solution de plus d'une question qui préoccupe à juste titre notre Agriculture ».

Si l'on avait prévu cette action lente du greffage, on aurait réalisé ce que j'ai réclamé après Knight pour les arbres fruitiers greffés, c'est-à-dire on aurait fait des assolements de longue durée et gardé des espaces suffisamment grands de terrains vierges pour alterner les cultures. On aurait un peu partout établi des champs de conservation de nos variétés fruitières (vignes etc.), sortes de musées horticoles où l'on aurait pris des boutures pures et des greffons non dégénérés. Mes conseils ont été suivis depuis, surtout à l'étranger où l'on se préoccupe beaucoup aujourd'hui du *choix rationnel* des épibiotes (greffon) et des hypobiotes (sujets) ainsi que des greffages *améliorants* ou *détériorants* dont j'ai signalé l'existence au début de mes recherches sur la greffe, à une époque où seule l'amélioration était admise.

D'autres faits curieux, jusqu'ici très exceptionnels, se sont révélés plus fréquents. Ils concernent les monstruosités de l'appareil végétatif et de l'appareil reproducteur (tiges, feuilles et akènes fasciés) qui se maintiennent par plantation des tubercules souterrains; les changements de résistance au *Sclerotia Fuckeliana* qui a été très rarement constaté dans la

(1) Lucien Daniel, *Revue des Sc. nat. de l'Ouest*, 1894, nos 2 et 3, p. 89.

moelle des tiges de Tobinambours non greffés; enfin les singulières dégénérescences des feuilles qui deviennent frisées et crispées à la façon des pommes de terre atteintes de frisolée ou de la vigne atteinte de court-noué.

L'attaque du *Sclerotia* s'est montrée jusqu'ici sur trois variétés; l'*Helianthus tuberosus monstruosus*, à feuilles groupées comme celles de l'Eupatoire; l'*Helianthus tuberosus nanus*, à fleurs de *Silphium*, qui a pour la première fois fourni une tige fasciée, et l'*Helianthus tuberannuus longifolius*. Quelques pieds seulement ont été atteints, et il sera facile de les préserver par des soins appropriés.

Ces variations de résistance et ces dégénérescences viennent à l'appui des observations de Knight sur la dégénérescence des variétés fruitières par la greffe, et des miennes sur la dégénérescence des vignes greffées que j'ai prédite en 1901 et qui se réalise aujourd'hui sous l'action du court-noué et de la lutte pour la vie entre les associés.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

L'Anoxémie. Ses effets — son traitement. L'Oxygénothérapie par Léon Binet, Madeleine Bochet et M. V. Strumza.

Mmes Vve **Edmée Chandon**, **Henri Heldt**, **Étienne Vassy**;

Mlles **Berthe Aggéry**, **Suzette Gillet**, **Catherine Veil**;

MM. **René Bernard**, **Alfred Boquet**, **Marcel Brelot**, **Georges Bruhat**, **Samuel Buchet**, **Louis Cartan**, **Pierre Châtelain**, **Raymond Chevalier**, **Raymond Cornubert**, **Pierre David**, **Jean Dunan**, **René Hérou**, **Pierre-Charles Huet**, **Raymond Jacquot**, **Paul Jaeger**, **Raymond Jouaust**, **Antoine Lacassagne**, **Albert F. de Lapparent**, **Marc de Larambergue**, **Robert Lateulade**, **Marcel Lefèvre**, **Pierre Lépine**, **Constantin Levaditi**, **Louis-Victor Liotard**, **Jean Margarot**, **Albert Michel-Lévy**, **Georges Mignonac**, **Léon Palfray**, **Marcel Picard**, **Camille Raveau**, **Yves Rocard**, **Georges Schaeffer**, **Jean Terracol**, **Albert Toussaint**, **Jean Vague**, **Georges Valiron**, **Étienne Vassy**, **Max Vauthey**, **Léon Velluz**, **Daniel Vincent** adressent des remercîments pour les distinctions accordées à leurs travaux.

MM. **Fernand Baldet**, **Félicien Bœuf**, **Hans Halban**, **Lew Kowarski**, **Pierre Laurent**, **François Maignon**, **Jules Rouch**, **Marcel Véron**, le Président de l'**Association française pour l'avancement des sciences**, le Directeur du **Bureau d'études géologiques et minières coloniales**, le Colonel Commandant l'**École polytechnique** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été attribuées pour leurs recherches, leurs publications ou leurs bibliothèques.

Mme Veuve **Xavier Léon** adresse également des remercîments.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions convexes.* Note de M. **Szolem Mandelbrojt**, transmise par M. Jacques Hadamard.

J'indique dans cette Note une formule générale qui caractérise les fonctions convexes. Une fonction, définie dans un intervalle I, est dite convexe si, pour trois valeurs x_1, x_2, $x_3 (x_1 < x_2 < x_3)$ de cet intervalle, on a

$$f(x_2) \leqq \frac{x_3 - x_2}{x_3 - x_1} f(x_1) + \frac{x_2 - x_1}{x_3 - x_1} f(x_3).$$

Nous supposons, pour simplifier, que l'intervalle I est la droite entière, et nous démontrons le théorème suivant :

Théorème. — *Toute fonction $f(x)$ de la forme*

$$(1) \qquad f(x) = \overline{\text{borne}}_{-\infty < t < \infty} [xt - \varphi(t)],$$

où $\varphi(t)$ est une fonction quelconque, définie sur la droite entière $(-\infty < t < \infty)$, est une fonction convexe. Réciproquement : quelle que soit la fonction convexe $f(x)$, il existe une fonction $\varphi(t)$ telle que la relation (1) *ait lieu; on peut, en particulier, poser*

$$(2) \qquad \varphi(t) = \overline{\text{borne}}_{-\infty < x < \infty} [xt - f(x)].$$

A chaque fonction convexe $f(x)$ correspond donc une autre fonction convexe, $\varphi(t)$ qu'on peut appeler la fonction convexe *associée* à $f(x)$, et qui est liée à celle-ci par la double relation (1) et (2).

Démonstration. — La première partie du théorème est presque évidente. En effet, soit $\varphi(t)$ une fonction quelconque. On a, pour les valeurs x_1, x_2, x_3 $(x_1 < x_2 < x_3)$ et pour une valeur t fixe quelconque, en posant

$F_t(x) = xt - \varphi(t)$;

$$F_t(x_2) = \frac{x_3 - x_2}{x_3 - x_1} F_t(x_1) + \frac{x_2 - x_1}{x_3 - x_1} F_t(x_3);$$

d'où

$$f(x_2) = \overline{\text{borne}}_{-\infty<t<\infty} F_t(x_2) \leqq \frac{x_3 - x_2}{x_3 - x_1} \overline{\text{borne}}_{-\infty<t<\infty} F_t(x_1) + \frac{x_2 - x_1}{x_3 - x_1} \overline{\text{borne}}_{-\infty<t<\infty} F_t(x_3)$$

$$= \frac{x_3 - x_2}{x_3 - x_1} f(x_1) + \frac{x_2 - x_1}{x_3 - x_1} f(x_3).$$

Pour démontrer la suite il faut prouver que, quelle que soit la fonction convexe $f(x)$, on a

$$(3) \qquad f(x) = \overline{\text{borne}}_{-\infty<t<\infty} \left\{ xt - \overline{\text{borne}}_{-\infty<\tau<\infty} [t\tau - f(\tau)] \right\}.$$

Or on a d'une part, quelle que soit la valeur de t,

$$xt - \overline{\text{borne}}_{-\infty<\tau<\infty} [t\tau - f(\tau)] \leqq xt - xt + f(x) = f(x);$$

le premier membre de (3) n'est donc pas inférieur au second membre.

On sait d'autre part qu'en chaque point x, la dérivée à droite $f'_+(x)$ existe, et l'on peut, évidemment, écrire

$$(4) \qquad \overline{\text{borne}}_{-\infty<t<\infty} \left\{ xt - \overline{\text{borne}}_{-\infty<\tau<\infty} [t\tau - f(\tau)] \right\} \geqq x f'_+(x) - \overline{\text{borne}}_{-\infty<\tau<\infty} [\tau f'_+(x) - f(\tau)].$$

Or on a

$$\overline{\text{borne}}_{-\infty<\tau<\infty} [\tau f'_+(x) - f(\tau)] = x f'_+(x) - f(x),$$

car d'une part, le premier membre de cette égalité à démontrer n'est pas inférieur au second, et d'autre part, on a

$$\tau f'_+(x) - f(\tau) \leqq x f'_+(x) - f(x),$$

quel que soit τ, du fait que

$$f'_+(x) \leqq \frac{f(\tau) - f(x)}{\tau - x}, \qquad f'_+(x) \geqq \frac{f(\tau) - f(x)}{\tau - x},$$

suivant que $\tau > x$, ou $\tau < x$.

L'inégalité (4) devient ainsi

$$(5) \qquad \overline{\text{borne}}_{-\infty<t<\infty} \left\{ xt - \overline{\text{borne}}_{-\infty<\tau<\infty} [t\tau - f(\tau)] \right\} \geqq x f'_+(x) - x f'_+(x) + f(x) = f(x),$$

et notre théorème est complètement démontré.

Nous croyons ce résultat nouveau, mais les circonstances actuelles ne nous permettent pas de nous en assurer.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les singularités des fonctions analytiques définies par des séries de Dirichlet.* Note de M. **Carlos Biggeri**, présentée par M. Paul Montel.

Dans cette Note je démontre un théorème sur les singularités des séries de Dirichlet remplaçant le théorème II de ma Note du 4 janvier 1937, page 32.

Théorème. — *Si les deux conditions suivantes sont vérifiées :*

1° *la partie réelle du coefficient a_n de la série de Dirichlet*

(1) $$\sum_{n=0}^{\infty} a_n e^{-\lambda_n z} \qquad (z = x + iy)$$

n'est pas négative;

2° *la valeur principale de l'argument, φ_n, de a_n (pour $a_n \neq 0$) est telle que*

(2) $$\lim_{n \to \infty} \sqrt[\lambda_n]{\cos\varphi_n} = 1;$$

le point réel de la droite de convergence de la série (1) est singulier pour la fonction analytique définie par cette série.

Démonstration. — Appelons $a'_n \geqq 0$ la partie réelle de a_n, C l'abscisse de convergence simple de (1), C' l'abscisse de convergence de

(3) $$\sum_{n=0}^{\infty} a'_n e^{-\lambda_n z},$$

C'' l'abscisse de convergence absolue de (1), $f(z)$ et $g(z)$ les fonctions analytiques définies par (1) et (3), respectivement. Prenons arbitrairement un z_0 tel que $\mathcal{R}(z_0) = x_0 > C'$, *égalité exclue*, et posons $x_1 = 1/2(x_0 + C')$. Etant donné un nombre arbitraire $\varepsilon > 0$, il existe un $n_0 = n_0(\varepsilon)$ tel que, pour $q > p \geqq n_0$, on ait

(4) $$\sum_{n=p}^{q} a'_n e^{-\lambda_n x_1} < \varepsilon.$$

En vertu de la condition

(2) $$\lim_{n \to \infty} \sqrt[\lambda_n]{\cos\varphi_n} = 1,$$

et de $a'_n \geqq 0$, il existe un $n_1 = n_1(x_0 - x_1)$ tel que pour $n \geqq n_1$, on ait

(5) $$\cos\varphi_n > e^{-(x_0 - x_1)\lambda_n}.$$

D'après (4) et (5), pour $q > p \geqq n_1 + n_0$, on a

$$\sum_{n=p}^{q} |a_n e^{-\lambda_n z_0}| = \sum_{n=p}^{q} \frac{a'_n}{\cos\varphi_n} e^{-\lambda_n x_0} \leqq \sum_{n=p}^{q} a'_n e^{-\lambda_n x_1} < \varepsilon;$$

c'est-à-dire que la série (1) converge absolument pour $z = z_0$, d'où

(6) $$C'' \leqq C'.$$

Pour toute série de Dirichlet, on a

(7) $$C' \leqq C \leqq C''.$$

De (6) et (7) on tire

(8) $$C' = C = C''.$$

D'autre part, on a

(9) $$|f^{(m)}(C+1)| \geqq |g^{(m)}(C+1)|,$$

en vertu d'un théorème de Landau (¹); d'après (8) et $a'_n \geqq 0$, on voit que le point $z = C$ est singulier pour $g(z)$; de ceci et (9), on déduit : le rayon de convergence de la série

$$\sum_{m=0}^{\infty} (z - C - 1)^m \frac{f^{(m)}(C+1)}{m!}$$

est l'unité. Donc le théorème est prouvé.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la variation de la fonction de Green de domaines plans quelconques.* Note de M. **Menahem Schiffer**, présentée par M. Paul Montel.

Soit $\mathcal{E}$ un ensemble borné et fermé dans le plan z avec un diamètre transfini $d(\mathcal{E}) > 0$. La fonction

(1) $$z^{\star} = z + \varepsilon e^{i\varphi}(z - z_0)^{-1}, \qquad \varepsilon > 0, \qquad 0 \leqq \varphi \leqq 2\pi, \qquad z_0 \notin \mathcal{E}$$

est univalente et holomorphe dans tout domaine fermé $\mathcal{D}$ contenant $\mathcal{E}$ mais ne contenant pas z_0, pourvu que $\varepsilon = \varepsilon(\mathcal{D}, z_0, \varphi)$ soit suffisamment petit; elle transforme $\mathcal{E}$ en un ensemble $\mathcal{E}^{\star} = \mathcal{E}^{\star}(\varepsilon, \varphi, z_0)$ dans le plan $z^{\star}$ avec les mêmes propriétés. Sur $\mathcal{E}^{\star}$ choisissons les suites $\{z_\nu^{\star(n)}\}$ donnant le maximum des produits $\Pi |a_\nu^{\star} - a_\mu^{\star}| (1 \leqq \nu < \mu \leqq n)$, $a_\nu^{\star}$ variant sur $\mathcal{E}^{\star}$. Considérons les

(¹) *Mathematische Annalen*, 61, 1905, p. 1.

polynomes $t_n(z^\star) = (z^\star - z_1^{\star(n)}) \ldots (z^\star - z_n^{\star(n)})$ et leurs modules maxima $\mu_n^\star$ sur $\mathcal{E}^\star$; les lemniscates $\mathcal{L}_n^\star$, définies par $|t_n(z)| = \mu_n^\star$, convergent vers $\mathcal{E}^\star$, c'est-à-dire [1] que $\widetilde{\mathcal{E}}^\star$ est le noyau des $\widetilde{\mathcal{L}}_n^\star$ au sens de M. Carathéodory [2]. Dans le plan z, on a des courbes analytiques $\mathcal{L}_n$ convergeant vers $\mathcal{E}$ et correspondant aux $\mathcal{L}_n^\star$ selon (1).

Considérons les fonctions

$$(2)\qquad g_n^\star(z^\star; \infty) = \frac{1}{n}\log\{|z^\star - z_1^{\star(n)}| \ldots |z^\star - z_n^{\star(n)}|\} - \frac{1}{n}\log \mu_n^\star,$$

définies pour tout $z^\star$ et représentant dans $\widetilde{\mathcal{L}}_n^\star$ les fonctions de Green de ces domaines avec le pôle logarithmique à l'infini. Pour $n \to \infty$ ils convergent dans $\widetilde{\mathcal{E}}^\star$ vers la fonction de Green $g^\star(z^\star; \infty)$ de ce domaine [3]. De même convergent les fonctions de Green $g_n(z; \zeta)$ de $\widetilde{\mathcal{L}}_n$ avec le pôle logarithmique en $\zeta \subset \widetilde{\mathcal{L}}_n$ vers la fonction de Green $g(z; \zeta)$ de $\widetilde{\mathcal{E}}$ avec le même pôle.

La fonction $g_n^\star[z + \varepsilon e^{i\varphi}(z - z_0)^{-1}; \infty] = \gamma_n(z)$ est définie par (2) pour tout point z; elle a des pôles logarithmiques en $z = \infty$, $z = z_0$ et aux $2n$ points $z_\nu^{(n)}$, $z_\nu'^{(n)}$ obtenus à l'aide de (1) à partir des n points $z_\nu^{\star(n)}$. Aux deux premiers points, $\gamma_n(z)$ devient infini comme $\log|z|$ et $-\log|z - z_0|$; aux autres points, comme $1/n \log|z - z_\nu^{(n)}|$ et $1/n \log|z - z_\nu'^{(n)}|$. Un calcul élémentaire montre qu'on a

$$z_\nu^{(n)} = z_\nu^{\star(n)} + \varepsilon e^{i\varphi}[z_0 - z_\nu^{\star(n)}]^{-1} + O(\varepsilon^2) \quad \text{et} \quad z_\nu'^{(n)} = z_0 - \varepsilon e^{i\varphi}[z_0 - z_\nu^{\star(n)}]^{-1} + O(\varepsilon^2).$$

Les points $z_\nu^{(n)}$ se trouvent près des $z_\nu^{\star(n)}$ et leur correspondent par (1), ils se trouvent donc sur $\mathcal{E}$; les $z_\nu'^{(n)}$ se trouvent près de z_0. Sur $\mathcal{L}_n$ on a $\gamma_n(z) = 0$, car (1) transforme $\mathcal{L}_n$ en $\mathcal{L}_n^\star$. $\gamma_n(z)$ est une fonction harmonique et l'on a l'identité

$$(3)\qquad g_n^\star[z + \varepsilon e^{i\varphi}(z - z_0)^{-1}; \infty] = g_n(z; \infty) + g_n(z; z_0) - \frac{1}{n}\sum_{\nu=1}^{n} g_n[z; z_\nu'^{(n)}]$$

pour $z \subset \widetilde{\mathcal{L}}_n$, la différence des deux membres étant harmonique et bornée dans ce domaine et s'annulant sur sa frontière.

Introduisons les fonctions analytiques $q_n(z; \zeta)$ et $q_n^\star(z^\star; \zeta^\star)$, déterminées

---

(1) Par $\widetilde{\mathfrak{A}}$ nous désignerons toujours le domaine complémentaire infini de $\mathfrak{A}$ et par $\mathfrak{A}\mathfrak{B}$ le produit (la partie commune) des ensembles $\mathfrak{A}$ et $\mathfrak{B}$ du plan z.

(2) M. FEKETE, *Math. Z.*, 37, 1933, p. 638, théorème II.

(3) Ce théorème est dû à M. M. Fekete; la démonstration paraîtra bientôt. Par fonction de Green nous comprenons la notion généralisée; voir MYRBERG, *Acta Math.*, 61, 1933, p. 42.

à une constante imaginaire additive près et non nécessairement uniformes dans $\widetilde{\mathcal{E}}_n$ et $\widetilde{\mathcal{E}}_n^\star$, dont les parties réelles sont $g_n(z;\zeta)$ et $g_n^\star(z^\star;\zeta^\star)$. On a, grâce à la symétrie des fonctions de Green,

$$(4)\quad \mathcal{R}\{q_n^\star[z+\varepsilon e^{i\varphi}(z-z_0)^{-1};\infty]\} = \mathcal{R}\left\{q_n(z;\infty)+q_n(z;z_0)-\frac{1}{n}\sum_{\nu=1}^{n} q_n\{z_0-\varepsilon e^{i\varphi}(z_0-z_\nu^{\star(n)})^{-1}+O(\varepsilon^2);z]\right\},$$

$\mathcal{R}\{x\}$ désignant la partie réelle de x. L'application de la formule de Taylor fournit pour tout z dans $\widetilde{\mathcal{E}}_n.\widetilde{\mathcal{E}}_n^\star$ différent de z_0

$$(5)\quad \mathcal{R}\left\{q_n^\star(z;\infty)+\frac{\varepsilon e^{i\varphi}}{z-z_0}q_n^{\star\prime}(z;\infty)+O(\varepsilon^2)\right\} = \mathcal{R}\left\{q_n(z;\infty)+q'_n(z_0;z)\,\varepsilon e^{i\varphi}\frac{1}{n}\sum_{\nu=1}^{n}\frac{1}{z_0-z_\nu^{\star(n)}}+O(\varepsilon^2)\right\},$$

en désignant par $q'(x;y)$ la dérivée $(\partial/\partial x)q(x;y)$.

Dans tout domaine fixe, les fonctions analytiques avec partie réelle non négative forment une famille normale, et l'on peut trouver une borne supérieure pour les $O(\varepsilon^2)$ dans (5), valable pour tout n et pour tout z d'un domaine fermé et fixe dans $\widetilde{\mathcal{E}}.\widetilde{\mathcal{E}}^\star$ qui ne contient pas z_0. On peut donc passer à la limite $n=\infty$, en se servant encore de l'identité

$$(6)\quad \frac{1}{n}\sum_{\nu=1}^{n}\frac{1}{z_0-z_\nu^{\star(n)}} = q_n^{\star\prime}(z_0;\infty)$$

qui découle de (2). Désignons par $q(z;\zeta)$ et $q^\star(z;\zeta)$ des fonctions analytiques dans $\widetilde{\mathcal{E}}.\widetilde{\mathcal{E}}^\star$ avec les parties réelles $g(z;\zeta)$ et $g^\star(z;\zeta)$, $\zeta\subset\widetilde{\mathcal{E}}.\widetilde{\mathcal{E}}^\star$. On a

$$(7)\quad \mathcal{R}\{q^\star(z;\infty)\} = \mathcal{R}\{q(z;\infty)+\varepsilon e^{i\varphi}[q'(z_0;z)q^{\star\prime}(z_0;\infty) - q^{\star\prime}(z;\infty)(z-z_0)^{-1}]+O(\varepsilon^2)\}.$$

De (7) découle $q^{\star\prime}(z;\infty)=q'(z;\infty)+O(\varepsilon)$ et l'on a *pour tout point z de $\widetilde{\mathcal{E}}$*

$$(8)\quad g^\star(z;\infty)=g(z;\infty)+\mathcal{R}\{\varepsilon e^{i\varphi}[q'(z_0;z)q'(z_0;\infty) - q'(z;\infty)(z-z_0)^{-1}]\}+O(\varepsilon^2).$$

Cette formule donne la variation de la fonction de Green g du domaine $\widetilde{\mathcal{E}}$, restreint par la seule condition $d(\mathcal{E})>0$ (inévitable pour l'existence de g), si $\mathcal{E}$ est soumis à la déformation spéciale (1). Elle permet de calculer aussi cette variation pour toutes les déformations obtenues par composition de transformations de ce type.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Déformation des membranes anéroïdes.* Note de M. **Fernand Charron**, présentée par M. Émile Jouguet.

La déformation des membranes circulaires ondulées utilisées dans les baromètres ou altimètres sous l'influence d'une différence de pression entre les deux faces est un phénomène extrêmement complexe.

On est tenté, pour expliquer le rôle des ondulations, de comparer la flexion d'une bande plane attachée aux extrémités, et d'une bande ondulée, qui s'allonge en accordéon, et fléchit incomparablement plus que la première.

En réalité cette explication tout à fait sommaire du rôle des cannelures est inexacte; il est nécessaire de préciser davantage la nature des efforts qui interviennent dans la flexion d'une membrane ondulée.

Sous l'effet d'une déformation, les cannelures circulaires ne peuvent pas s'étendre dans la direction du rayon. Au contraire on doit admettre que la circonférence moyenne de chaque flanc d'une cannelure conserve sa longueur et son rayon et, par conséquent, subit un petit déplacement vertical.

Soit $z = f(r)$ l'équation de la méridienne passant par les circonférences moyennes ci-dessus définies et supposées très rapprochées. L'élément dr, limité entre deux circonférences moyennes avant déformation, devient ensuite l'élément ds, ayant subi un allongement $ds - dr$ et un allongement relatif

$$\frac{ds - dr}{dr} = \frac{z'^2}{2}$$

pour de petites déformations.

A cet allongement relatif correspondent des déformations et des efforts très divers dans le métal de la membrane. L'examen de ces diverses forces ou couples permet d'écrire l'équation d'équilibre d'un élément $dr \times r d\theta$.

Il résulte donc de la flexion de la membrane et de l'allongement relatif proportionnel à z'^2 :

1° Un accroissement de l'angle des cannelures que l'on peut appeler *effet d'accordéon*.

Le calcul prévoit une tension suivant un méridien ayant pour expression

$$\frac{\mathrm{Y} e^3 \sin\beta}{2 \mathrm{L}^2 \cos^2\beta} z'^2,$$

dans laquelle Y est le module d'Young du métal, e son épaisseur, β le demi-angle au sommet de deux flancs, L la largeur d'un flanc.

2° Une raideur dans le sens d'un méridien correspondant à la flexion d'une lame en forme de fuseau, découpée entre deux rayons d'angle $d\theta$. Cet effet est négligeable devant les autres.

3° Par suite de la déformation de la membrane, les différents flancs, en même temps qu'ils se soulèvent, changent d'orientation. Dans ce mouvement, les anneaux infiniment petits en lesquels on peut décomposer chaque flanc sont, les uns allongés, les autres comprimés. Il en résulte un effort tranchant localisé à chaque pli.

4° Dès lors que la membrane prend la forme d'une surface de révolution, elle possède une courbure suivant un parallèle. La courbure principale correspondante est approximativement égale à $(1/r)(dz/dr)$; or elle met en jeu un couple G considérable, étant donné que les cannelures sont ainsi fléchies comme une poutre, dans le sens où elles offrent une grande rigidité.

D'ailleurs les effets 3 et 4 sont intimement liés l'un à l'autre.

L'équation d'équilibre d'un élément $dr \times r\,d\theta$, sous l'effet de ces différentes forces ou couples, conduit à une équation différentielle d'interprétation pénible. On peut en tirer des conséquences relativement simples en observant dans cette équation deux groupes de coefficients contenant respectivement les facteurs

$$\frac{e^3 Y \sin\beta}{L^2 \cos^2\beta}, \quad \frac{e Y L^2 \cos^2\beta}{\sin\beta}.$$

Il n'est pas contradictoire d'imaginer deux types extrêmes de membranes dans lesquels chacun des deux coefficients précédents est prépondérant.

Par exemple, pour une membrane épaisse, des cannelures fines et ouvertes, le premier terme est prédominant. C'est la déformation *en accordéon* qui impose à la membrane sa configuration.

Pour L grand et β petit, c'est le second terme qui domine; les cannelures en fléchissant comme des poutres imposent à la membrane sa forme d'équilibre.

Or ces deux cas correspondent à des équations différentielles faciles à intégrer.

Les membranes du 1er type sont particulièrement mauvaises. Sans doute parce que le métal *travaille* dans le sens où il a déjà été fatigué.

Celles du 2e type sont meilleures. L'équation différentielle donne lieu à une circonstance particulièrement intéressante : le déplacement Δz du

sommet varie proportionnellement à la différence des pressions. C'est une circonstance qui peut être précieuse dans certaines applications.

Un appareil enregistreur dans lequel le Δz est obtenu par la déviation d'un rayon lumineux sur un 1[er] miroir, et le Δp par un flotteur d'acier dans la cuvette d'un manomètre, lequel déplace un second miroir perpendiculairement au 1[er], vérifie expérimentalement ces conséquences. Particulièrement, la loi de déformation linéaire des membranes du 2[e] type, par opposition aux déformations non linéaires de celles du 1[er] type, est tout à fait caractéristique.

Les types moyens ont évidemment des propriétés intermédiaires entre ces types extrêmes.

En résumé, les quelques conclusions suivantes peuvent être dégagées :

1° Les membranes dans lesquelles la flexion *en accordéon* impose sa limite à la déformation sont les plus mauvaises.

2° En général la variation Δz de hauteur du centre croît moins vite que la différence des pressions.

3° Les membranes fortement ondulées ne sont pas les plus souples, contrairement à une opinion assez courante. Elles ont l'avantage de donner un déplacement de leur centre quasi proportionnel à la différence des pressions.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Équations relativistes de mouvement du premier ordre en Mécanique quantique.* Note (¹) de M. **Mario Schönberg**, présentée par M. Louis de Broglie.

La détermination des types généraux d'équations de mouvement, linéaires, relativistes et du premier ordre d'un corpuscule élémentaire a été commencée par Dirac (²), qui a trouvé des équations de la forme

$$(1) \qquad \begin{cases} p^{\lambda\alpha} a^{\dot{\mu}\dot{\nu}\dots}_{\alpha\beta\dots} = m_1 c\, b^{\lambda\dot{\mu}\dot{\nu}\dots}_{\beta\dots}, \\ p_{\dot{\lambda}\alpha} b^{\dot{\lambda}\dot{\mu}\dot{\nu}\dots}_{\beta\dots} = m_2 c\, a^{\dot{\mu}\dot{\nu}\dots}_{\alpha\beta\dots}, \end{cases}$$

où $a^{\dot{\mu}\dot{\nu}\dots}_{\alpha\beta\dots}$ et $b^{\dot{\lambda}\dot{\mu}\dot{\nu}\dots}_{\beta\dots}$ sont des spineurs symétriques par rapport aux indices de chaque série, ponctués et non ponctués. $p^{\dot{\lambda}\alpha}$ est le spineur des moments. m_1 et m_2 sont deux nombres quelconques dont le produit est égal au carré

(¹) Séance du 28 août 1939.

(²) *Proc. Roy. Soc.*, A, 155, 1936, p. 447.

de la masse m du corpuscule. L'analyse de Dirac ne décide pas sur l'existence d'autres classes d'équations satisfaisant aux conditions énoncées. Nous discuterons ici le problème d'une façon générale, ce qui nous conduira à un autre type de ces équations.

Considérons un corpuscule élémentaire libre, dont l'état est décrit par un spineur $a_{\alpha\beta\ldots}^{\dot{\mu}\dot{\nu}\ldots}$ symétrique par rapport aux indices des deux séries. Ce spineur avec son transformé par symétrie $a_{\dot{\mu}\dot{\nu}\ldots}^{\dot{\alpha}\beta\ldots}$ donnent une représentation irréductible du groupe complet de Lorentz. Les composantes du spineur d'onde doivent satisfaire l'équation de Klein-Gordon

$$p^{\dot{\lambda}\alpha} p_{\dot{\lambda}\alpha'} a = m^2 c^2 a \, \delta_{\alpha'}^{\alpha}. \tag{2}$$

Notre problème se réduit à trouver les formes d'équations linéaires, covariantes et du premier ordre conduisant aux équations (2). C'est le problème de la linéarisation relativiste du système (2). Du point de vue de l'analyse, pour avoir un système équivalent et du premier ordre, il suffit de prendre comme nouvelles inconnues les dérivées par rapport au temps des a. Physiquement, cette solution n'est pas satisfaisante du point de vue relativiste et il faut prendre comme nouvelles inconnues des combinaisons covariantes de dérivées du premier ordre du spineur d'onde. Il y a trois types de ces combinaisons : $p^{\dot{\lambda}\alpha} a_{\alpha\beta\ldots}^{\dot{\mu}\dot{\nu}\ldots}$; $p_{\dot{\varkappa}\lambda} a_{\alpha\beta\ldots}^{\dot{\mu}\dot{\nu}\ldots}$ et $p_{\dot{\mu}}^{\alpha} a_{\alpha\beta\ldots}^{\dot{\mu}\dot{\nu}\ldots}$, qui constituent la généralisation des opérations rot, grad et div du calcul vectoriel. Les équations de Dirac correspondent à l'opération rot et par conséquent sont une généralisation des équations de Maxwell. A l'opération grad correspond un autre type d'équations

$$\left\{\begin{aligned} p_{\dot{\varkappa}\lambda} a_{\alpha\beta\ldots}^{\dot{\mu}\dot{\nu}\ldots} &= m_1 c b_{\dot{\varkappa}\lambda\alpha\beta\ldots}^{\dot{\mu}\dot{\nu}\ldots}, \\ p^{\dot{\varkappa}\lambda} b_{\dot{\varkappa}\lambda\alpha\beta\ldots}^{\dot{\mu}\dot{\nu}\ldots} &= m_2 c a_{\alpha\beta\ldots}^{\dot{\mu}\dot{\nu}\ldots}. \end{aligned}\right. \tag{3}$$

On vérifie facilement que les équations qu'on obtient avec la troisième combinaison sont de la même forme que (3). Ainsi il n'y a que deux classes d'équations relativistes, linéaires et du premier ordre qui ne contiennent qu'un spineur d'onde et qui conduisent à l'équation de Klein-Gordon. Pour que les équations (3) n'aient que des spineurs symétriques, il faut que les $a_{\alpha\beta\ldots}^{\dot{\mu}\dot{\nu}\ldots}$ satisfassent aux conditions supplémentaires

$$\left\{\begin{aligned} \varepsilon_{\dot{\mu}}^{\dot{\varkappa}} p_{\dot{\varkappa}\lambda} a_{\alpha\beta\ldots}^{\dot{\mu}\dot{\nu}\ldots} &= 0, \\ \varepsilon^{\lambda\alpha} p_{\dot{\varkappa}\lambda} a_{\alpha\beta\ldots}^{\dot{\mu}\dot{\nu}\ldots} &= 0, \end{aligned}\right. \tag{4}$$

$\varepsilon_{\mu}^{\dot{\varkappa}}$ et $\varepsilon^{\lambda\alpha}$ sont les spineurs de van der Waerden [3], qui permettent de passer des composantes covariantes aux composantes contravariantes d'un spineur.

Pour avoir l'invariance par symétrie spatiale, il faut compléter le système des équations (3) avec les équations

$$(3a)\qquad \begin{cases} p^{\varkappa\dot{\lambda}} a^{\dot{\alpha}\dot{\beta}\ldots}_{\mu\nu\ldots} = m_1 c b^{\varkappa\dot{\lambda}\dot{\alpha}\dot{\beta}\ldots}_{\mu\nu\ldots}, \\ p_{\varkappa\dot{\lambda}} b^{\varkappa\dot{\lambda}\dot{\alpha}\ldots}_{\mu\ldots} = m_2 c a^{\dot{\alpha}\dot{\beta}\ldots}_{\mu\nu\ldots}, \end{cases}$$

transformées par symétrie des équations (3).

Pour le système complet (3) et (3a) nous pouvons former un vecteur, de densité de charge et de courant, conservatif

$$(4)\qquad S_{\dot{\varkappa}\lambda} = e\Big[\Big(a^{\dot{\alpha}\dot{\beta}\ldots}_{\mu\nu\ldots}\Big)^{*} b_{\dot{\varkappa}\lambda\alpha\beta\ldots}^{\dot{\mu}\dot{\nu}\ldots} + \Big(\varepsilon_{\varkappa\varkappa'}\varepsilon_{\dot{\lambda}\dot{\lambda}'} b^{\varkappa'\dot{\lambda}'\dot{\alpha}\dot{\beta}\ldots}_{\mu\nu\ldots}\Big)^{*} a^{\dot{\mu}\dot{\nu}\ldots}_{\alpha\beta} + \text{comp. conj.}\Big].$$

Les équations (3) et (3a) peuvent être reconduites à un principe variationnel, la lagrangienne étant

$$\begin{aligned}(5)\quad \mathcal{L} = \int L\, dv = \int\Big[& \Big(b^{\varkappa\dot{\lambda}\dot{\alpha}\dot{\beta}\ldots}_{\mu\nu\ldots}\Big)^{*}\Big(p_{\dot{\varkappa}\lambda} a^{\dot{\mu}\dot{\nu}\ldots}_{\alpha\beta} - m_1 c\, b_{\dot{\varkappa}\lambda\alpha\beta\ldots}^{\dot{\mu}\dot{\nu}\ldots}\Big) \\ & + \Big(a^{\dot{\alpha}\dot{\beta}\ldots}_{\mu\nu\ldots}\Big)^{*}\Big(p^{\dot{\varkappa}\lambda} b_{\dot{\varkappa}\alpha\lambda\beta\ldots}^{\dot{\mu}\dot{\nu}\ldots} - m_2 c\, a^{\dot{\mu}\dot{\nu}\ldots}_{\alpha\beta\ldots}\Big) + \text{comp. conj.}\Big]\, dv.\end{aligned}$$

En partant de la lagrangienne, on forme aisément les tenseurs des tensions par les méthodes bien connues. En particulier la densité d'énergie est

$$\begin{aligned}(6)\quad T_{44} = & -\Big(b^{\dot{\varkappa}\dot{\lambda}\dot{\alpha}\dot{\beta}\ldots}_{\mu\nu\ldots}\Big)^{*}\left(\sum_{1}^{3}{}_{\pi}\, \sigma_{\dot{\varkappa}\lambda\pi} p^{\pi} a^{\dot{\mu}\dot{\nu}\ldots}_{\alpha\beta\ldots} - m_1 c\, b_{\dot{\varkappa}\lambda\alpha\beta\ldots}^{\dot{\mu}\dot{\nu}\ldots}\right) \\ & -\Big(a^{\dot{\alpha}\dot{\beta}\ldots}_{\mu\nu\ldots}\Big)^{*}\left(\sum_{1}^{3} \sigma^{\dot{\varkappa}\lambda}_{\pi}\, p^{\pi} b_{\dot{\varkappa}\lambda\alpha\beta\ldots}^{\dot{\mu}\dot{\nu}\ldots} - m_2 c\, a^{\dot{\mu}\dot{\nu}\ldots}_{\alpha\beta\ldots}\right) + \text{comp. conj.}\end{aligned}$$

Une application des équations (3) peut être faite au cas de l'équation de Klein-Gordon pour un invariant, ce qui conduit à la forme employée par Kemmer [4]:

---

(3) *Die Grup. Meth. in der Quantenmech.*, p. 78.

(4) N. KEMMER, *Proc. Roy. Soc.*, A, **166**, 1938, p. 127.

ÉLECTRICITÉ. — *La pile à gaz; mécanisme de l'électrolyse de l'eau; polarisation des piles.* Note [1] de M. **Vasilesco Karpen**, présentée par M. Aimé Cotton.

La pile à gaz de Grove est, suivant une Note précédente, une pile de concentration à électrons; si l'électrolyte (acide) est suffisamment concentré, l'expression de la force électromotrice de la pile est identique à celle donnée par la théorie classique

$$E = RT \log \frac{C_{\bar{e}}^{II}}{C_{\bar{e}}^{0}} = RT \log \frac{K_1}{c K_2} C_{H^2}^{\frac{1}{2}} C_{O^2}^{\frac{1}{4}},$$

car les concentrations des électrons aux électrodes, $C_{\bar{e}}^{II}$, $C_{\bar{e}}^{0}$, se réduisent suivant les relations (13) et (14), pour a suffisamment grand, à $K_1 C_{H^2}^{1/2}/a$ et $c K_2 C_{O^2}^{1/4}/a$.

Le valeur de E dépend des concentrations en H^2 et O^2, elle peut donc être rendue aussi petite que l'on veut. Il en est de même de la tension nécessaire pour électrolyser l'eau.

Il s'agit, bien entendu, de l'électrolyse invisible, car l'électrolyse visible ne se produit que si la pression des gaz dégagés dépasse la pression de l'électrolyte (pour que des bulles puissent se former), et celle-ci ne peut descendre au-dessous de la pression de la vapeur d'eau surmontant l'électrolyte; il en résulte que, pour l'électrolyse visible, la tension ne peut descendre que d'environ 0,15 volt au-dessous de la tension nécessaire à l'électrolyse sous la pression atmosphérique.

Dans l'expression thermodynamique de la force électromotrice de la pile Grove, fonctionnant comme voltamètre,

$$E = Q + T \frac{dE}{dT},$$

le terme $-T(dE/dT)$, énergie empruntée au milieu, augmente et tend vers Q (chaleur de formation de l'eau), à mesure que la pression des gaz diminue et tend vers zéro. Il n'est pas sans intérêt d'examiner le mécanisme qui détermine cet emprunt d'énergie.

A l'anode, le courant comprime les électrons, provenant de l'équilibre $4\overline{OH} \rightleftharpoons 2H^2O + O^2 + 4e(\mp 4q_0)$, en les faisant passer de la concentration $C_{\bar{e}}^{0}$ dans l'électrolyte à $C_{\bar{e}}^{m}$ dans le métal, en développant la chaleur

[1] Séance du 27 novembre 1939.

$RT \log C^m_{\bar e}/C^O_{\bar e}$; cependant, l'oxygène se dégageant, de nouveaux ions $\overline{OH}$ se dissocient spontanément, pour maintenir l'équilibre ci-dessus, en absorbant la chaleur q_0, et $1/2\,H^2O$ se dissocie en ses ions en absorbant $1/2\,q$; la chaleur totale absorbée à l'anode sera donc $Q_a = q_0 + q/2 - RT \log C^m_{\bar e}/C^O_{\bar e}$ joules par coulomb.

A la cathode, le courant laisse se détendre les électrons de $C^m_{\bar e}$ à $C^H_{\bar e}$, concentration provenant de l'équilibre $2H^+ + 2e \rightleftharpoons H^2(\pm q_H)$, en absorbant la chaleur $RT \log C^m_{\bar e}/C^H_{\bar e}$; cependant, l'hydrogène se dégageant, de nouveaux ions H^+ s'unissent aux électrons pour maintenir l'équilibre ci-dessus, en développant q_H et $1/2\,H^2O$ se dissocie en absorbant $1/2\,q$; la chaleur totale développée à la cathode sera donc

$$Q_c = q_H - \frac{q}{2} - RT \log \frac{C^m_{\bar e}}{C^H_{\bar e}}.$$

Le voltamètre perdra donc

$$Q_a - Q_c = q_0 + q - q_H - RT \log \frac{C^H_{\bar e}}{C^O_{\bar e}} = Q - E \text{ joules/coulomb}.$$

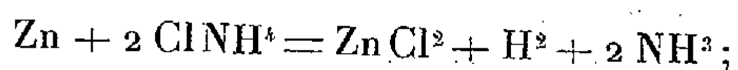
Dans l'expression de E ne figurent pas explicitement les chaleurs q, q_0, q_H, qui évidemment doivent intervenir dans la valeur de E ; mais comme déjà dit, ce sont q, q_0, q_H qui déterminent les coefficients C, K_1, K_2 qui, eux, figurent dans l'expression de E.

Les considérations précédentes rendent possible la détermination des quantités de chaleur q_0 et q_H, actuellement inconnues.

Il suffirait de mesurer Q_a, Q_c et les coefficients de température $R \log C^m_{\bar e}/C^O_{\bar e}$, $R \log C^m_{\bar e}/C^H_{\bar e}$, en supposant ces coefficients indépendants de la température.

La pile de Grove est impolarisable, la raison en est que les ions H^+, se rendant à la cathode, rencontrent les ions $\overline{OH}$ venant en sens contraire et forment avec eux de l'eau ; un phénomène analogue se produit à l'anode. Les concentrations O^2 et H^2, donc aussi les concentrations $C^O_{\bar e}$, $C^H_{\bar e}$ et par conséquent la force électromotrice de la pile, ne varient pas tant que la pression des gaz est maintenue constante.

On interprète de toute autre façon la polarisation de la pile Leclanché par exemple. On considère la polarisation comme un effet secondaire, dont on se débarrasse en consentant une dépense supplémentaire pour le dépolarisant, l'énergie de la pile étant attribuée à la réaction

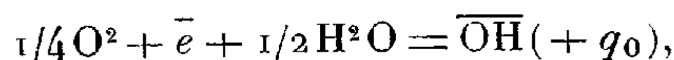


$$Zn + 2\,ClNH^4 = ZnCl^2 + H^2 + 2\,NH^3 ;$$

le rôle du dépolarisant étant de détruire la couche d'hydrogène à mesure qu'elle se forme sur la cathode.

Or c'est précisément le contraire qui se passe. La réaction déterminant la force électromotrice de la pile est l'ionisation de l'oxygène fourni par ce que l'on appelle improprement dépolarisant, MnO^2 *ou air.*

L'oxygène s'unit aux électrons de l'électrolyte :



$$1/4\,O^2 + \bar{e} + 1/2\,H^2O = \overline{OH}\,(+q_0),$$

en diminue la concentration $C_{\bar{e}}$ et élève ainsi le potentiel de l'électrode. Les ions $\overline{OH}$ formés rencontrent les ions H^+ (comme dans la pile de Grove), *avant* que ceux-ci n'arrivent à la cathode et se transforment en H.

Le zinc ne sert qu'à produire les électrons se rendant par le circuit extérieur à la cathode, non sans se faire payer, car son potentiel est *positif* et se retranche du potentiel de la cathode.

Cette interprétation des phénomènes de la pile rend compte du fait que la force électromotrice de la pile Leclanché surpasse de 0,6 volt celle de la pile de Volta ; dans celle-ci la réaction à la cathode ($H^+ + \bar{e} = H$) développe l'énergie q_H, alors que dans la pile Leclanché l'énergie développée est $q_0 > q_H$.

OPTIQUE. — *Dichroïsme dans l'infrarouge d'un cristal d'iodoforme.* Note [1] de M. Yeou Ta, présentée par M. Aimé Cotton.

Récemment, J. W. Ellis et J. Bath ont mis en évidence la relation entre le pléochroïsme dans l'infrarouge des cristaux de pentaérythrite $C(CH^2OH)^4$ et de dicétopipérazine $(CH^2—NHCO)^2$ et les modes de vibration du radical CH^2 [2].

Nous avons trouvé qu'on observe ce même phénomène avec beaucoup plus de netteté encore dans un cas particulièrement simple présenté par des cristaux d'iodoforme. Nous avons obtenu par évaporation lente d'une solution dans l'éther un tel cristal, qui se présente, comme on le sait, sous la forme d'une table hexagonale. D'après la détermination aux rayons X, c'est un milieu cristallin appartenant, vraisemblablement, au

(1) Séance du 11 décembre 1939.

(2) *Physical Review*, 55, 1939, p. 1098.

groupe C_6^6 (³). On sait d'autre part que la molécule d'iodoforme elle-même est du type de symétrie C_{3v}; on peut penser que l'axe du cristal doit être la direction de la liaison CH si les molécules s'orientent parallèlement dans le cristal et conservent à peu près leur individualité. Cela semble être confirmé par la comparaison que nous avons faite des spectres d'absorption de l'iodoforme solide et en solution. Le Tableau suivant donne les principales bandes, non comprises les bandes faibles (⁴), que l'on observe dans le proche infrarouge sous l'épaisseur de l'ordre de 1^{mm} de solide ou de son équivalent en solution.

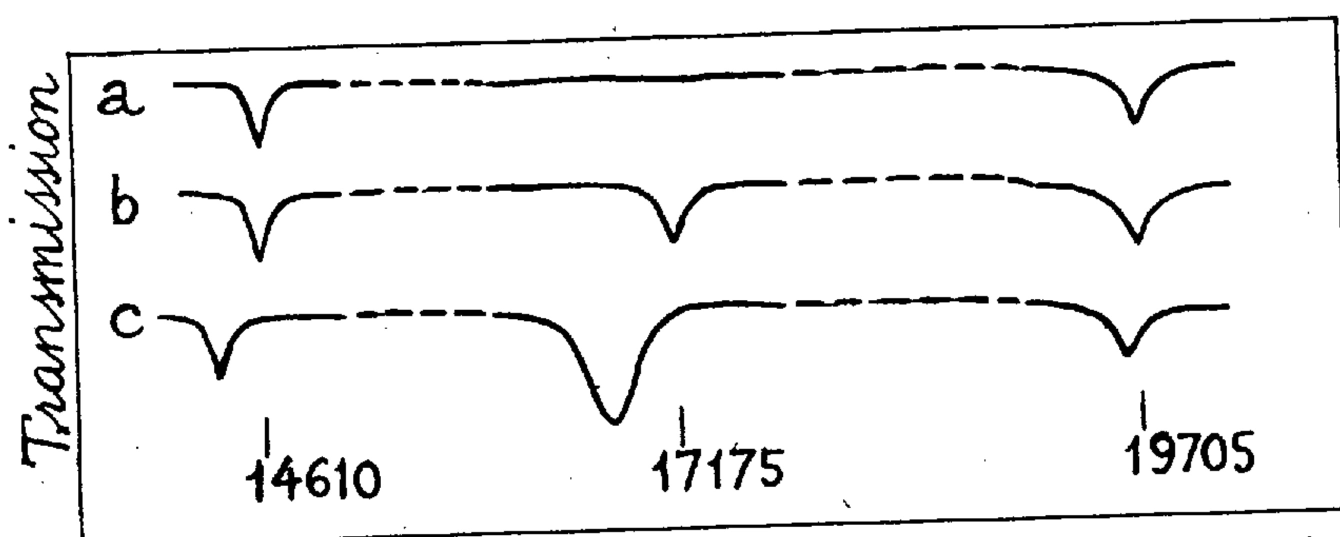
Cristaux d'orientations quelconques λ(Å)	14610	17175	19705	24780(?)
Cristaux d'orientations quelconques ν(cm^{-1})	6845	5822	5075	4035
Sol. dans CCl^4 λ(Å)	14450	16970	19670	24635
Sol. dans CCl^4 ν(cm^{-1})	6920	5893	5084	4059
Classification des bandes	2ν(CH) + δ(CH)	2ν(CH)	ν(CH) + 2δ(CH)	ν(CH) + δ(CH)
$\Delta\nu$	1023 / 1027		1040(?) / 1025	

Examinons maintenant le spectre d'absorption d'un cristal (épaisseur $0^{mm},6$ environ) *toujours en lumière naturelle*, en ayant soin d'exposer (dispositif marqué 1 sur la figure) la lame normalement au faisceau incident (sensiblement parallèle). *On n'observe plus la bande* 17175 Å (courbe *a*), quoiqu'elle soit ordinairement beaucoup plus intense que ses deux voisines immédiates (courbe *c*). *Pour la faire apparaître* (courbe *b*), *il suffit d'incliner légèrement le cristal* (30° par exemple) sur la normale à la direction du faisceau incident, comme il est indiqué en 2 sur la figure. Et l'intensité de la bande s'accroît à mesure que l'on augmente cette inclinaison.

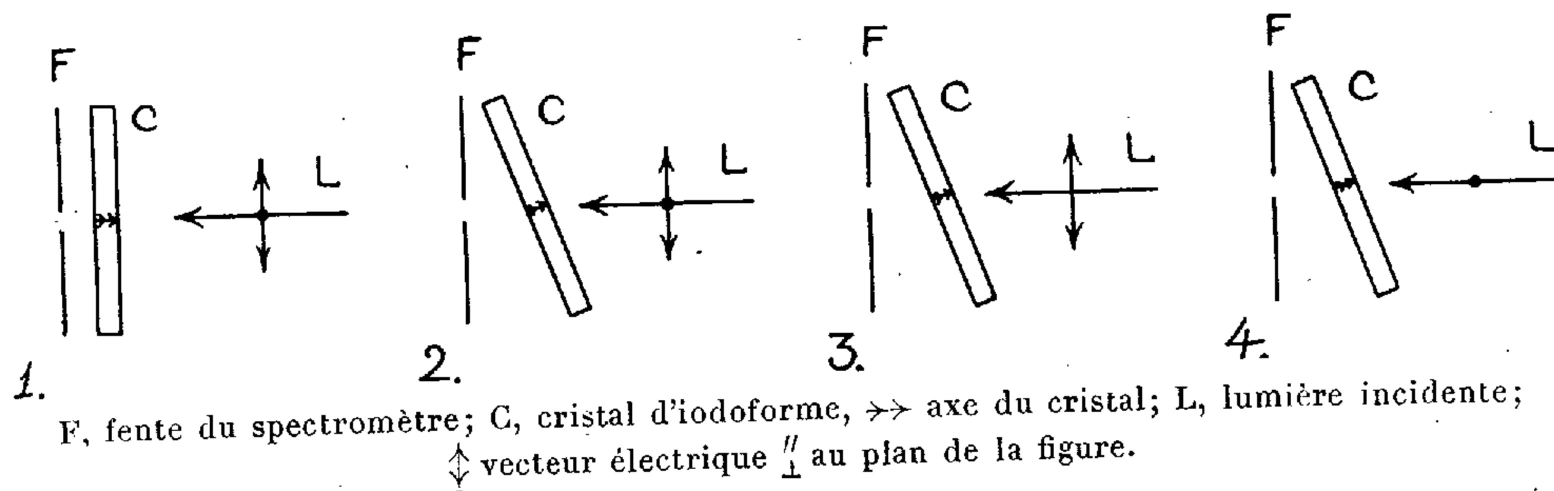
Faute de cristal de dimensions suffisantes pour pouvoir tailler une lame parallèle à l'axe cristallographique, nous avons fait des observations en lumière polarisée rectilignement en conservant le dispositif du cristal incliné. *Lorsque le vecteur électrique de l'onde incidente a une composante parallèle à l'axe du cristal* (dispositif 3), *la bande* 2ν(CH) *existe dans le spectre; tandis qu'elle disparaît quand le vecteur électrique est normal à l'axe* (dispositif 4).

(³) I. NITTA, *Sc. Papers Inst. Phys. Chem. Research*, Tokyo, 4, 1926, p. 49.
(⁴) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1371.

Les autres bandes ne subissent sensiblement aucun changement. (On n'a pas pu étudier la bande 24780 Å.) Ces dernières expériences en lumière



Courbe *a*. — CHI^3 cristal, dispositif 1. Courbe *b*. — CHI^3 cristal, dispositif 2. Courbe *c*. — CHI^3 en solution dans CCl^4.



F, fente du spectromètre; C, cristal d'iodoforme, ↠ axe du cristal; L, lumière incidente; ↕ vecteur électrique $\parallel$/$\perp$ au plan de la figure.

polarisée confirment ce que l'on observe en lumière naturelle. On peut donc tirer les conclusion suivantes :

1° *La vibration de valence* ν(CH) [ici le premier harmonique de la fondamentale] *s'effectue bien suivant la direction de la liaison* CH, et cette direction est bien orientée suivant l'axe du cristal.

2° *L'onde lumineuse ayant la fréquence de cette vibration* ν(CH) *n'est absorbée que lorsque son vecteur électrique a une composante parallèle à la direction de cette vibration de la molécule*, ce qui est conforme au caractère de polarisation de la raie Raman correspondante d'une molécule analogue.

3° Les bandes dues à la vibration de déformation δ(CH) conservent le même caractère de dépolarisation, qu'il s'agisse de l'absorption infrarouge ou de l'effet Raman.

Ces faits sont susceptibles de recevoir une généralisation. Un liquide tel que $CHCl^3$ renferme des molécules analogues à CHI^3; on peut donc s'attendre à ce que l'absorption d'une bande ν(CH) soit modifiée si l'on change la répartition des orientations des molécules, en plaçant le liquide dans un champ directeur assez intense.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la formation du miroir argentique.* Note (1) de M. **Jean Loiseleur**, présentée par M. Jean Perrin.

Il peut être intéressant de rechercher comment, dans l'argenture par voie humide, le métal échappe à la précipitation habituelle, pour se déposer progressivement sur une paroi de verre. Il est d'abord à remarquer qu'une interprétation basée sur une simple neutralisation des charges de la paroi par les ions Ag^+ de la solution serait insuffisante, car la paroi ainsi déchargée ne pourrait plus se prêter à la répétition nécessaire pour parvenir à l'éclat métallique. La paroi de verre semble intervenir en conservant au contraire la valeur initiale de sa charge.

I. Considérons d'abord, en l'absence de toute paroi, l'évolution d'une solution ammoniacale d'hydrate d'argent en présence d'un réducteur assez dilué pour que la réduction soit infiniment lente. Cette condition implique que, tout au moins au début de la réaction, les particules de métal réduit échappent à la précipitation. Les atomes d'argent provenant de la réduction s'agglomèrent en un germe de cristallisation qui croît jusqu'à une certaine taille sous l'influence des rencontres possibles (Kruyt). Ce phénomène est rapidement limité par l'intervention des électrolytes, AgOH resté en solution, et l'agrégat d'atomes se stabilise en une micelle chargée négativement. La confirmation en est donnée par l'analyse des colloïdes d'argent, ceux-ci toujours constitués par un mélange d'argent métallique et d'oxyde, jamais par du métal réduit [Rebière (2)].

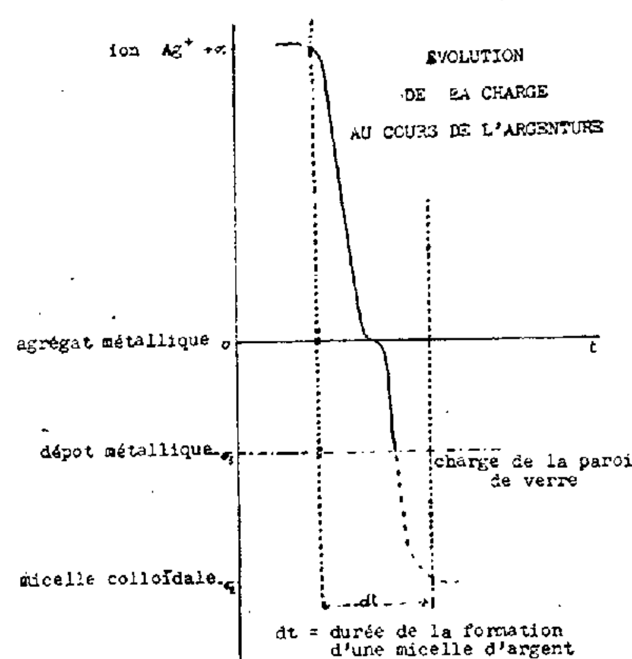
II. Pendant la durée très courte de cette évolution (voir la courbe ci-après), la charge de la particule a subi une discontinuité brusque qui va permettre la métallisation. Répétons, en effet, l'opération précédente au contact d'une paroi de verre. Cette paroi possède une charge négative conformément aux lois de J. Perrin. Lors de sa discontinuité, la charge de la particule a nécessairement rencontré la valeur négative de la paroi, celle-ci de beaucoup plus faible que celle de la micelle stable et comprise par conséquent dans la zone de floculation : d'où, floculation de la particule métallique contre la paroi, dans un état intermédiaire entre l'état métallique et l'état colloïdal. Il s'est ainsi substitué à la paroi de verre un

(1) Séance du 11 décembre 1939.

(2) Rebière, *Recherches expérimentales sur quelques hydrosols à micelles argentiques*, Mâcon, 1916.

film élémentaire d'argent, reproduisant la charge initiale de la paroi et permettant la répétition indéfinie du cycle.

III. Réciproquement, tout traitement préalable intéressant la charge de la paroi modifiera la formation du miroir. L'hydrate stanneux, renfor-



çant la charge négative de la paroi, facilite considérablement la métallisation. Au contraire, un mordançage par des ions polyvalents, tels que Al^{+++}, rend la paroi positive [Glixelli (3)], et s'oppose à tout dépôt métallique.

En résumé, la formation du miroir argentique repose sur l'intervention active des charges de la paroi de verre (4).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle méthode de préparation des α-alcoyl- et α-acidyl-phénylhydrazones et des α-alcoyl-phénylhydrazines.* Note de M. **Panos Grammaticakis**, présentée par M. Marcel Delépine.

Des recherches spectrales et chimiques faites sur les dérivés de la phénylhydrazine m'ont conduit à préparer des phénylhydrazones du type



(I) $Ar.CH = N.N(R).C^6H^5$

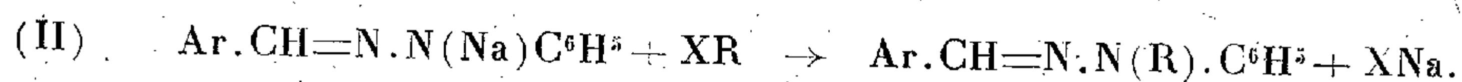
(où R = alcoyle, acidyle). L'unique procédé actuellement connu pour obtenir ces corps (I), dans le cas où R est un alcoyle, consiste à condenser

(3) Cité d'après Mlle F. Choucroun, *J. Chim. Phys.*, 20, 1923, 358.

(4) Certaines précipitations périodiques (l'osséification) semblent justifiables d'un mécanisme analogue.

les aldéhydes et les cétones avec les α-alcoyl-phénylhydrazines, procédé qui n'est pas toujours aisé.

J'ai réussi à obtenir les composés du type (I), avec d'excellents rendements, par action des halogénures d'alcoyle et d'acidyle sur les phénylhydrazones sodées, suivant le schéma



(II) $Ar.CH{=}N.N(Na)C^6H^5 + XR \rightarrow Ar.CH{=}N.N(R).C^6H^5 + XNa.$

La préparation des phénylhydrazones sodées (II) s'effectue facilement, en milieu éthéré ou benzénique, à l'aide de l'amidure de sodium.

De plus, l'hydrolyse de ces phénylhydrazones alcoylées (I), particulièrement facile dans le cas de la phénylhydrazone de l'acétaldéhyde, fournit une nouvelle méthode d'obtention des α-alcoyl-phénylhydrazines.

Dans la présente Note, je décrirai quelques-uns des résultats obtenus au cours de cette étude en me limitant au cas où Ar est un C^6H^5 (phénylhydrazone du benzaldéhyde).

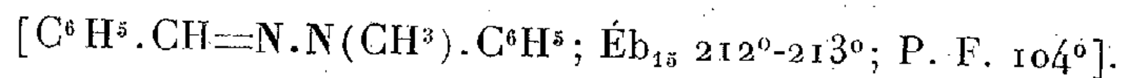
La phénylhydrazone du benzaldéhyde se sode en milieu éthéré ou benzénique au moyen de l'amidure de sodium avec formation de



(III) $C^6H^5.CH{=}N.N(Na).C^6H^5.$

Ce dérivé sodé (III) se présente sous forme d'une poudre, insoluble dans l'éther et le benzène, assez hygroscopique.

L'action de l'iodure de méthyle sur la phénylhydrazone sodée du benzaldéhyde fournit la méthylphénylhydrazone du benzaldéhyde



[$C^6H^5.CH{=}N.N(CH^3).C^6H^5$; $Éb_{15}$ 212°-213°; P. F. 104°].

Par hydrolyse chlorhydrique, cette méthylphénylhydrazone donne le benzaldéhyde et la α-méthylphénylhydrazine, laquelle est identifiée par son produit d'oxydation avec OHg jaune (diméthyldiphényl-tétrazène), et sa combinaison avec le benzaldéhyde (méthylphénylhydrazone du benzaldéhyde).

Remarque. — Il est à noter que, à côté des produits principaux (benzaldéhyde et méthylphénylhydrazine) de l'hydrolyse précédente, on rencontre, en très petite quantité, un corps coloré du groupe de triphénylméthane, probablement du type

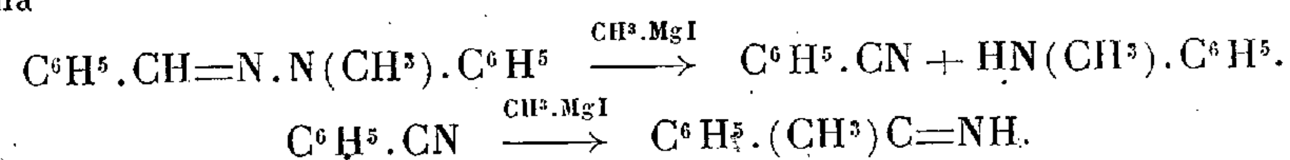


(IV) $Ar.CH{=}(C^6H^4.NH.CH^3)^2.$

La formation du composé (IV) peut être expliquée par la décomposition chlor-

hydrique de la méthylphénylhydrazone du benzaldéhyde en benzaldéhyde et méthylaniline et condensation ultérieure de ces produits en composé de la forme (IV).

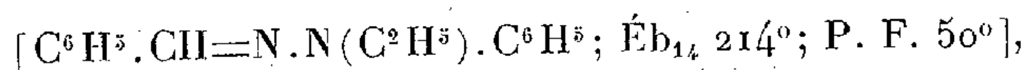
La décomposition chlorhydrique de la méthylphénylhydrazone du benzaldéhyde supposée ci-dessus, peut être justifiée par le fait observé lors de l'action du $CH^3.MgI$ sur la méthylphénylhydrazone du benzaldéhyde : formation effective de l'acétophénone-imine ($Éb_{12}$ 93°; sa phénylurée $C^{15}H^{14}ON^2$, P. F. 160°) et de la méthylaniline selon le schéma



$$C^6H^5.CH{=}N.N(CH^3).C^6H^5 \xrightarrow{CH^3.MgI} C^6H^5.CN + HN(CH^3).C^6H^5.$$
$$C^6H^5.CN \xrightarrow{CH^3.MgI} C^6H^5.(CH^3)C{=}NH.$$

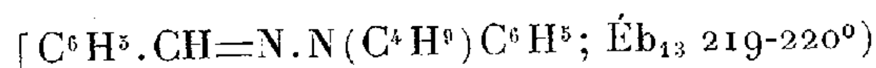
D'ailleurs la rupture de la liaison N—N de la phénylhydrazine et des phénylhydrazones, en général, a été réalisée sous l'influence des agents les plus divers [chaleur (1), acides, alcalis, organomagnésiens mixtes (2), etc.).

Le traitement de la phénylhydrazone sodée du benzaldéhyde par l'iodure d'éthyle, le bromure d'isobutyle et le chlorure de benzyle fournit respectivement l'éthylphénylhydrazone du benzaldéhyde



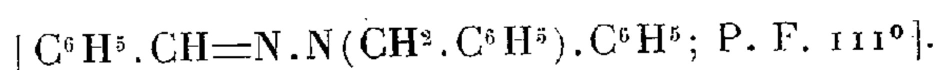
[$C^6H^5.CH{=}N.N(C^2H^5).C^6H^5$; $Éb_{14}$ 214°; P. F. 50°],

l'isobutylphénylhydrazone du benzaldéhyde



[$C^6H^5.CH{=}N.N(C^4H^9)C^6H^5$; $Éb_{13}$ 219-220°)

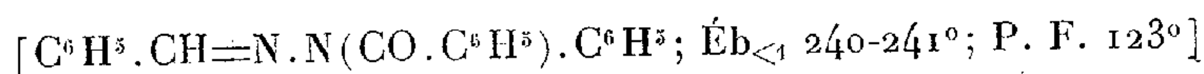
et la benzylphénylhydrazone du benzaldéhyde



[$C^6H^5.CH{=}N.N(CH^2.C^6H^5).C^6H^5$; P. F. 111°].

L'hydrolyse des phénylhydrazones précédentes donne les α-alcoylphénylhydrazines correspondantes.

Enfin, par action des chlorures de benzoyle et d'acétyle sur la phénylhydrazone sodée du benzaldéhyde, on obtient respectivement la benzoylphénylhydrazone du benzaldéhyde



[$C^6H^5.CH{=}N.N(CO.C^6H^5).C^6H^5$; $Éb_{<1}$ 240-241°; P. F. 123°]

et l'acétylphénylhydrazone du benzaldéhyde



[$C^6H^5.CH{=}N.N(CO.CH^3).C^6H^5$; $Éb_{<1}$ 175-176°; P. F. 122°].

Du fait que le groupe acidyle, dans ces cas, s'élimine facilement au

(1) P. Grammaticakis, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1910.
(2) P. Grammaticakis, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1307.

cours de l'hydrolyse, il en résulte qu'on ne peut pas obtenir les α-acidyl-phénylhydrazines à partir des phénylhydrazones acidylées précédentes.

En résumé, j'ai montré que, par action des halogénures d'alcoyle et d'acidyle sur la phénylhydrazone sodée du benzaldéhyde, on obtient facilement des α-alcoyl- et α-acidyl-phénylhydrazones et des α-alcoyl-phénylhydrazines.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'acide* nor-*camphorique*. Note de M. **Henry Gault** et Mlle **Lyse Daltroff**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'acide *nor*-camphorique a été obtenu pour la première fois par K. T. Pospichill (1), puis par W. H. Perkin (2) à partir de l'ester butane-tétra-carboxylique disodé, par condensation avec l'iodure de méthylène et décarboxylation consécutive.

Nous avons pu, par extension des recherches effectuées par l'un de nous avec divers collaborateurs (3) sur la condensation du formaldéhyde avec les cyclanones et les dérivés cyclanoniques, préparer cet acide, avec de bons rendements, par une autre méthode dont nous donnons ci-après les grandes lignes. Cette méthode comporte trois phases principales :

a. Obtention de l'ester hydroxyméthyl-2 cyclopentanone-1 carboxylique-2, par condensation de l'aldéhyde formique avec l'ester cyclopentanone-1 carboxylique-2, préparé lui-même, par la méthode de cyclisation connue (4), à partir de l'ester adipique;

b. Acétylation de l'ester hydroxyméthyl-cyclopentanone-carboxylique;

c. Hydrolyse alcaline du dérivé acétylé de l'ester hydroxyméthyl-cyclopentanone-carboxylique avec rupture simultanée du cycle pentanonique et cyclisation en acide *nor*-camphorique.

---

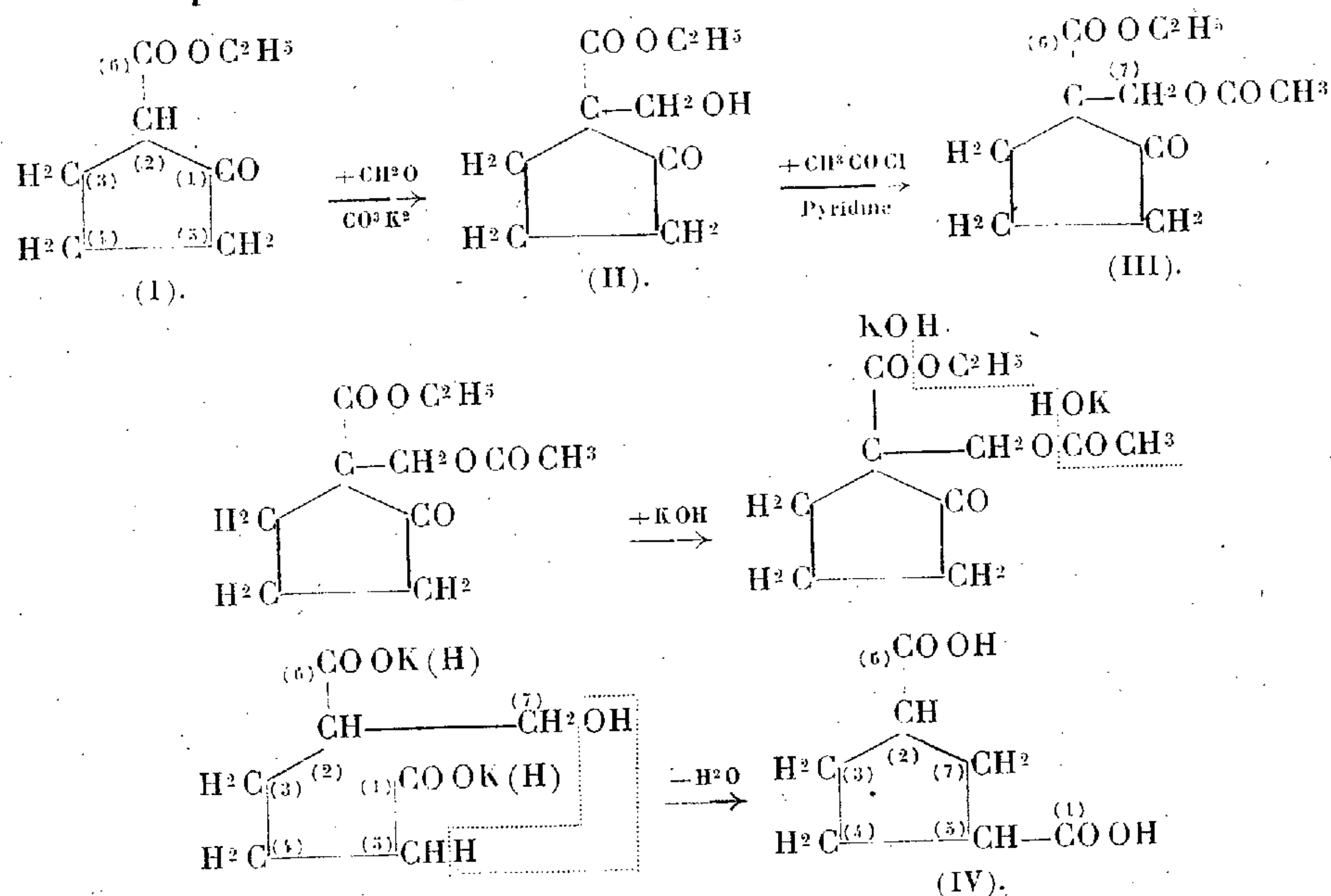
(1) *Ber. d. chem. Ges.*, 31, 1898, p. 1950.

(2) *J. Chem. Soc.*, 1921, p. 1400.

(3) H. Gault et J. Skoda, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 429; H. Gault et E. Steckl, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 475.

(4) R. Cornubert, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 47, 1930, p. 301.

Ces trois phases sont représentées dans le schéma



a. La condensation de l'ester cyclopentanone-carboxylique (I) avec le formaldéhyde s'effectue aisément en présence de carbonate de potassium. Elle conduit à un mélange de cet ester avec l'ester hydroxyméthyl-cyclopentanone-carboxylique (II) dont l'instabilité à la chaleur empêche toute séparation par distillation, même sous pression très réduite.

On pouvait espérer que le premier de ces deux esters étant seul soluble dans la soude caustique, l'extraction sodique du produit brut de condensation permettrait d'isoler à l'état pur l'ester hydroxyméthylé (II). En réalité, ce traitement n'est pas applicable en raison de l'action destructive qu'il exerce sur le groupe CH^2OH méthylolique de cet ester.

b. Nous avons alors cherché, en acétylant le mélange des deux esters, à séparer par distillation les deux dérivés acétylés, stables, formés. Nous avons ainsi pu isoler d'une part le dérivé acétylé à l'oxhydrile énolique de l'ester cyclopentanone-carboxylique (E_{17} 130°) et, d'autre part, le dérivé acétylé à l'oxhydrile méthylolique (III) de l'ester hydroxyméthyl-cyclopentanone-carboxylique (E_{17} 160°) dont l'hydrolyse eût dû nous conduire à l'ester hydroxyméthyl-cyclopentanone-carboxylique pur.

c. Or, cette hydrolyse a donné directement naissance, avec un rendement presque quantitatif, à l'acide *nor*-camphorique (IV) par le jeu de

deux réactions complémentaires de décyclisation en 1,2 et de recyclisation en 5,7.

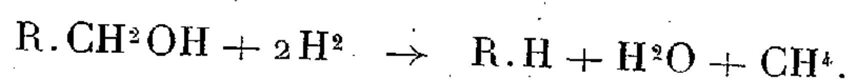
Nous avons établi par l'analyse chimique la constitution du dérivé acétylé de l'ester hydroxyméthyl-cyclopentanone-carboxylique et de l'acide *nor*-camphorique (F. trouvé 121°; F. de l'acide de Pospichill et Perkin 121°,5) dont nous avons d'ailleurs préparé et analysé quelques dérivés immédiats (sels et ester diméthylique).

Nous ne pouvons toutefois préciser pour l'instant si la modification que nous avons obtenue est l'isomère *cis* ou l'isomère *trans* : tous les essais que nous avons effectués en vue de l'anhydrisation directe ou indirecte, par isomérisation préalable, de cet acide, sont restés sans résultats positifs. Nous rappelons à ce propos les travaux antérieurs de Ingold qui n'a pu réussir à préparer l'anhydride *nor*-camphorique.

Nous cherchons à étendre ce mode d'obtention de l'acide *nor*-camphorique à d'autres acides cyclaniques et, en particulier, à l'acide camphorique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la pyrolyse des alcools gras supérieurs.* Note de MM. **Henry Gault**, **Louis Palfray** et **Pao-Ting Hsu**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'hydrogénation du dodécanol $C^{12}H^{26}O$, effectuée dans l'appareil décrit par l'un de nous (1), à la température de 200°, sous une pression de 100^{kg} en présence de nickel Raney, nous a permis d'obtenir, avec un rendement sensiblement quantitatif, l'hydrocarbure saturé renfermant un atome de carbone de moins, c'est-à-dire l'*undécane* $C^{11}H^{24}$. Cette hydrogénation donne donc lieu à la scission d'un chaînon monocarboné. A notre connaissance, seuls H. Adkins et B. Wojcik (2) ont signalé antérieurement un fait analogue, qu'ils ont attribué à une *hydrogénolyse* de l'alcool suivant la réaction



$$R.CH^2OH + 2H^2 \rightarrow R.H + H^2O + CH^4.$$

Cette explication est, en réalité, inexacte ou incomplète. Nous avons en effet constaté qu'*en l'absence d'hydrogène*, il se produit une scission

(1) L. Palfray, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 3, 1936, p. 508.
(2) *J. Am. Chem. Soc.*, 55, 1933, p. 1293.

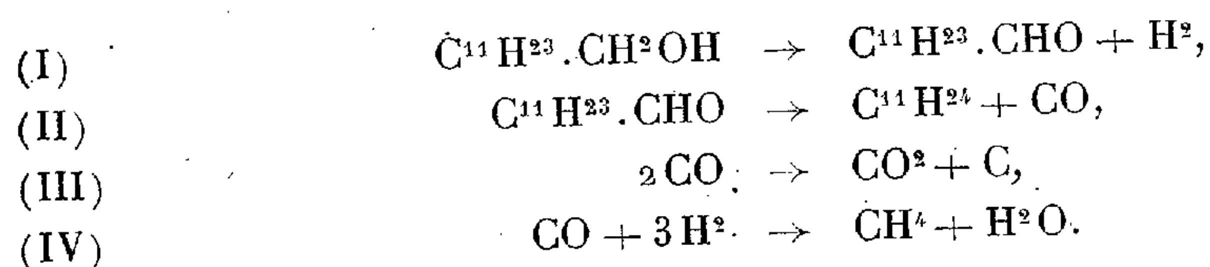
identique d'un chaînon monocarboné : en traitant, en effet, le dodécanol dans les mêmes conditions que précédemment, mais en substituant l'azote à l'hydrogène, nous avons obtenu, en présence de nickel Raney, le même hydrocarbure en C^{11}, c'est-à-dire l'undécane.

Nous sommes ainsi amenés à conclure de ces faits expérimentaux que la réaction fondamentale de décomposition du dodécanol dans les conditions que nous venons d'indiquer, est une simple *pyrolyse*, l'action de l'hydrogène portant uniquement sur les produits primaires de cette pyrolyse.

Nous avons constaté, d'autre part, que le rendement en hydrocarbure croît avec la température, la pression et le temps.

Enfin les essais que nous avons effectués *à la pression ordinaire* en présence de nickel Raney, nous ont permis de déceler la présence dans les produits de la pyrolyse d'une petite quantité d'*aldéhyde laurique*, à côté de l'undécane. Cette observation nous permet de proposer une explication logique du mécanisme de la réaction.

Nous admettons que, dans une première phase de la pyrolyse, le dodécanol se déshydrogène en aldéhyde laurique (I) et que, dans une deuxième phase (II), cet aldéhyde se dissocie, en présence de nickel (³), en undécane et oxyde de carbone. L'oxyde de carbone est transformé lui-même simultanément en anhydride carbonique (III) et, partiellement, en méthane (IV), grâce à l'hydrogène libéré par la réaction (I)



(I) $C^{11}H^{23}.CH^{2}OH \rightarrow C^{11}H^{23}.CHO + H^{2},$

(II) $C^{11}H^{23}.CHO \rightarrow C^{11}H^{24} + CO,$

(III) $2CO \rightarrow CO^{2} + C,$

(IV) $CO + 3H^{2} \rightarrow CH^{4} + H^{2}O.$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation des aldéhydes gras par déshydrogénation catalytique des alcools, en phase liquide, en présence de nickel réduit.* Note de M. **Alexandre Halasz**, présentée par M. Marcel Delépine.

La déshydrogénation catalytique, en phase liquide, au moyen du nickel, des alcools lourds, surtout secondaires, a été étudiée par L. Palfray et

(³) P. Sabatier et J.-B. Senderens, *Comptes rendus*, 136, 1904, p. 738, 921, 983; 134, 1902, p. 514, 689.

S. Sabetay ([1]). Une Note ultérieure ([2]) a précisé et détaillé la marche et la cinétique de cette réaction, appliquée spécialement aux alcools secondaires.

Pour compléter ces données, nous avons traité de la même façon un certain nombre d'alcools primaires aliphatiques, à poids moléculaire élevé, pour aboutir aux aldéhydes correspondants, à odeurs spéciales et puissantes et que la parfumerie utilise de plus en plus ([3]).

Ces alcools primaires sont beaucoup plus difficiles à déshydrogéner que les alcools secondaires, et le rendement en aldéhyde oscille autour de 20 % (au lieu de 80 %). Néanmoins la méthode présente un réel intérêt, permettant la préparation d'aldéhydes moins facilement accessibles autrement.

Le mode opératoire consiste à chauffer, dans un ballon, l'alcool additionné de 5 % de son poids de nickel réduit. Le chauffage se fait au bain métallique, dont la température est soigneusement réglée et maintenue constante.

A l'arrêt de la réaction, on filtre à chaud, pour séparer le nickel. Puis on dose l'aldéhyde par oximation à froid et l'alcool par acétylation pyridinée.

La somme alcool + aldéhyde est toujours inférieure à 100 %. Le déchet qui croît avec la température, est représenté par une fraction de tête, qui est un carbure de dégradation et que nous n'avions pas à étudier ici ([4]).

I. *Influence du temps de chauffage.* — Le tableau ci-dessous, relatif à la déshydrogénation de l'alcool laurique, présente les résultats, en fonction du temps, à la température de 250° (bain métallique).

Temps en minutes	10.	20.	30.	60.	120.	210.
Aldéhyde %	6	8	9,5	15	20	12
Alcool %	91	88	85	76	59	33
Somme %	97	96	94,5	91	79	45

Comme on le voit, la disparition de l'alcool peut être regardée comme rigoureusement linéaire, en fonction du temps, sauf pour les dix premières

([1]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 109.

([2]) L. Palfray, S. Sabetay et A. Halasz, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1654.

([3]) La déshydrogénation catalytique d'un certain nombre d'alcools aliphatiques a fait l'objet d'intéressants travaux de R. Paul, mais utilisant uniquement le nickel Raney (*Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1319 et *Bull. Soc. Chim.*, 5, 1938, p. 1592).

([4]) On trouvera les détails dans une publication ultérieure de H. Gault, L. Palfray et Hsu. Cf. *Société Chimique de France* (*Bull. mensuel*, 1939, n° 12, p. 6).

minutes, ce qui est tout naturel, puisque le niveau de température ne peut pas s'établir instantanément.

Il n'en va pas de même pour la quantité d'aldéhyde présent, qui augmente beaucoup moins vite et même passe par un maximum au bout de 2 heures. C'est donc qu'il se fait une réaction secondaire aux dépens de l'aldéhyde et qui tend à devenir prépondérante avec le temps.

II. *Influence de la température.* — Des essais comparatifs ont été faits à des températures échelonnées de 220° à 280°, avec une durée uniforme de chauffage de 1 heure.

Température	220.	250.	265.	280.
Aldéhyde %	3,5	15	18,5	19
Alcool %	88	76	68	64
Somme %	91,5	91	86,5	83

La quantité d'aldéhyde augmente avec la température, mais aussi le déficit correspondant à la dégradation d'une partie de l'aldéhyde.

III. *Influence de la pression.* — On pouvait penser que sous un vide partiel de 150^{mm}, l'aldéhyde distillerait et échapperait à la dégradation. Mais les rendements n'ont pas été améliorés, ce qui tient sans doute à la proximité des pointes d'ébullition de l'alcool et de l'aldéhyde de poids moléculaire élevé. Pour des homologues inférieurs, on peut espérer que les résultats seraient meilleurs.

IV. *Résultats.* — Nos essais ont porté sur les alcools saturés normaux en C^{11}, C^{12}, C^{14}, C^{16} et C^{18}. Les aldéhydes formés ont été facilement séparés de l'alcool à l'état de combinaison bisulfitique. Après lavage soigné à l'éther, la combinaison bisulfitique a été décomposée par traitement à SO^4H^2 dilué, ce qui nous a permis d'isoler les aldéhydes à l'état pur. Nous les avons caractérisés par leurs semicarbazones qui sont connues.

Les aldéhydes suivants :

		F.
Undécanal	Semicarbazone	101°
Dodécanal (laurique)	»	102,5
Tétradécanal (myristique)	»	106,5
Hexadécanal (palmitique) (3)	»	107
Octadécanal (stéarique)	»	107

(3) L'aldéhyde ainsi obtenu est identique (fusion mélangée) à celui que S. Sabetay et L. Trabaud ont récemment isolé de l'essence concrète de mimosa et caractérisé comme étant l'aldéhyde palmitique. C'est même cette identification qui a été le point de départ du présent travail.

moins commodément accessibles par d'autres voies, ont été ainsi obtenus par une méthode rapide, commode et sans doute facile à généraliser.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Structure cytologique et rôle physiologique des organes piliformes des Céramiacées.* Note [1] de M. et Mme **Jean Feldmann**, transmise par M. Alexandre Guilliermond.

Les poils unicellulaires, hyalins, des Floridées sont généralement considérés à la suite de Rosenvinge [2] et d'Oltmanns [3], comme des organes d'absorption des substances nutritives dissoutes dans l'eau de mer.

L'étude de la structure cytologique de ces poils chez diverses Céramiacées (*Callithamnion granulatum* et *Seirospora Giraudyi* en particulier) nous permet d'apporter des arguments en faveur de cette hypothèse. Ces poils naissent au sommet des cellules terminales des rameaux en voie de croissance et constituent des filaments cylindriques, pouvant atteindre 300^{μ} de long et qui ne mesurent en général que 4 à 6^{μ} de large.

Les poils très jeunes présentent un cytoplasme homogène qui paraît dépourvu de plastes et qui renferme un noyau central. Dans les poils plus âgés, une large vacuole occupe la presque totalité de la cellule, sauf à ses extrémités, où le cytoplasme forme une partie réfringente, séparée de la vacuole par un ménisque; le noyau est situé dans cette région, mais ne tarde pas à dégénérer. Dans les poils adultes, il est impossible de le mettre en évidence. La large vacuole de ces poils se colore intensément et très rapidement par les colorants vitaux. Alors que dans les autres cellules de l'algue, il existe à l'extérieur de la membrane une fine pellicule constituant une cuticule pectique intensément colorable par le rouge de ruthénium, on constate que dans les poils cette couche externe n'existe pas, ceux-ci déchirant au moment de leur naissance la cuticule de la cellure-mère qui persiste à leur base. De plus, la membrane des poils, moins riche en général en composés pectiques que celle des autres cellules de la fronde, ne subit pas comme elle de gonflement post-mortem et présente une

---

(1) Séance du 11 décembre 1939.

(2) *Oversigt Danske Vidensk. Selsk. Forhandl.*, 1903, p. 445; *Biolog. Arbejder-tilegnede Eug. Warming*, 1911, p. 214.

(3) *Morphologie and Biologie der Algen*, 1905, p. 198.

structure homogène. Enfin, le synaspe, qui unit la cellule du poil à la cellule terminale du rameau, présente en général un diamètre plus grand que celui des synaspes qui unissent entre elles les autres cellules de la fronde.

Chez les *Griffitsia*, les poils hyalins, unicellulaires, font défaut, mais chez certaines espèces, *Griffitsia Schousbœi* par exemple, existent des organes piliformes, constituant des rameaux à croissance limitée qui naissent vers le sommet des grosses cellules vésiculeuses des parties jeunes de la fronde, où ils sont disposés en verticilles. Ces organes, formés de cellules minces et très allongées, sont ramifiés en verticilles successifs. Chacune des cellules, d'abord uninucléée, puis rapidement plurinucléée, présente un cytoplasme pariétal, mince, dans lequel on distingue des plastes filamenteux, très minces et presque incolores ayant l'aspect de chondriocontes. Le système vacuolaire présente une disposition très particulière. Les trois quarts inférieurs de la cellule sont occupés par une large vacuole centrale, limitée sur le côté par une mince couche de cytoplasme pariétal, alors que vers la base de la cellule le cytoplasme forme un ménisque réfringent et homogène assez épais. Dans le quart supérieur de la cellule, le cytoplasme est bourré de nombreuses vacuoles sphériques, de petite taille, serrées les unes contre les autres et donnant au cytoplasme de cette région un aspect spumeux. Le bleu de crésyle fait apparaître dans ces vacuoles de nombreuses granulations métachromatiques.

Ces particularités cytologiques confirment le rôle absorbant qui a été attribué à ces organes. Dans le cas des poils hyalins, unicellulaires, la rapidité de pénétration des colorants vitaux, la largeur relative du synaspe situé à leur base et en particulier l'absence de cuticule dont l'existence est constante dans les autres cellules de la fronde, nous paraissent en faveur de l'hypothèse du rôle absorbant de ces poils. En effet, la cuticule pectique des Céramiacées est relativement peu perméable. Nous avons pu constater dans le cas des cellules végétatives de *Bornetia secundiflora* qu'elle était imperméable à la phycoérithrine dissoute qui traverse facilement la membrane celluloso-pectique sous-jacente.

En ce qui concerne les ramules verticillés de *Griffitsia*, la polarisation très nette du système vacuolaire, par suite de la localisation au sommet des cellules de nombreuses petites vacuoles agrégées rappelant tout à fait la structure que nous avons récemment décrite dans les cellules axiales de l'*Asparagopsis armata* (1), doit être considérée comme l'indice de

(1) M. et Mme Feldmann, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1743.

l'existence d'un courant de substances dissoutes à travers ces cellules [Mangenot ([5])].

Ces organes piliformes ont vraisemblablement pour rôle d'absorber les substances nutritives salines existant dans l'eau de mer, et peuvent être assimilées dans une certaine mesure aux poils absorbants des racines des plantes vasculaires.

BOTANIQUE. — *Culture de la Pomme de terre à partir de tubercules provenant de semis aseptiques de graines*. Note de MM. **Joseph Magrou**, **René Legroux** et **Joseph Bouget**, présentée par M. Louis Martin.

L'un de nous a montré ([1]) que des graines de Pomme de terre (*Solanum tuberosum* L), désinfectées par l'eau oxygénée et semées en tubes à essais stériles sur coton imbibé de solution de Knop renfermant une proportion convenable de glucose ou de glycérine, donnent des plantules aseptiques capables de tubériser. Les petits tubercules produits dans ces conditions sont, aux dimensions près, d'apparence et de structure normales. Ce fait a été confirmé par M. Molliard ([2]), qui employait pour ses semis des solutions de saccharose en liquide de Knop, équimoléculaires à celles qui nous avaient donné ces résultats.

Plantés en pots dans de la terre du jardin de l'Institut Pasteur, les petits tubercules ainsi obtenus n'ont donné que des ébauches insignifiantes de développement. Transportés aseptiquement dans des tubes à essais stérilisés, sur coton imbibé de solution de Knop glucosée à 2 ou à 5 °/o, certains d'entre eux se sont développés abondamment, mais sans tubériser; d'autres ont donné des plantes qui ont produit à leur tour des tubercules plus gros que ceux qui leur avaient donné naissance. (L'un de ces tubercules *secondaires*, obtenu en tube, atteint la taille d'un noyau de cerise, alors que les dimensions des tubercules *primaires* ne dépassent généralement pas celles d'un grain de blé.)

D'autre part des tubercules primaires, provenant directement des semis aseptiques de graines, ont été plantés, en mai 1939, à Bagnères-de-Bigorre,

([5]) *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1431.

([1]) J. Magrou, *C. R. Soc. Biol.*, 127, 1938, p. 793; 130, 1939, p. 1163.

([2]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1257.

en godets, dans une terre non fumée, prélevée dans de hautes prairies pyrénéennes uniquement peuplées de plantes sauvages. Après développement des premières pousses feuillées, un certain nombre de plantes ont été rempotées dans la même terre et conservées à Bagnères, sous cages métalliques grillagées destinées à les protéger contre les pucerons transmetteurs de virus; d'autres ont été repiquées en pleine terre, dans des champs d'expériences étagés sur les pentes du Pic du Midi, à 1400 et à 1700^m d'altitude. A l'arrachage, fait au début de novembre, on a constaté la production, à la base de chaque pied, d'environ cinq tubercules de grosseur moyenne, en tout semblables aux tubercules-semences employés en agriculture.

Les radicelles de ces plants cultivés en terre des hautes altitudes se sont montrées largement envahies par un champignon endophyte présentant les arbuscules caractéristiques des champignons de mycorhizes, fait qui confirme les constatations que nous avions faites antérieurement avec J. Costantin, sur des Pommes de terre cultivées dans les mêmes terrains (3).

Les maladies à virus ne se transmettant pas par les graines; les tubercules issus des semis aseptiques en sont à coup sûr exempts. Il en est de même des tubercules secondaires obtenus par culture des tubercules primaires aseptiques sous grillage métallique. Ces tubercules secondaires représentent donc des semences offrant toutes garanties contre la propagation des virus. Nous poursuivons actuellement des essais d'application en grand de cette nouvelle méthode de sélection, qui pourrait fournir un moyen de lutter efficacement contre les maladies de dégénérescence de la Pomme de terre.

ZOOLOGIE. — *Une nouvelle espèce de bovidé asiatique.* Note de M. **Achille Urbain**, transmise par M. Auguste Chevalier.

Au cours de trois Notes parues depuis 1937 (1) nous avons présenté une nouvelle forme de bovidé asiatique : le Kou Prey ou Bœuf gris cambodgien. Cet animal, que nous avions rapporté jeune du Cambodge, est

(3) J. Costantin, J. Magrou, J. Bouget et V. Jaudel, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1195; J. Costantin et J. Magrou, *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 10e série, **17**, 1935, p. 37.

(1) Achille Urbain, *Bull. Soc. Zool. de France*, **62**, 1937, p. 305-307; *Mammalia*, 1937, p. 256-258; Achille Urbain, P. Rode et M.-A. Pasquier, *Mammalia*, 1939, p. 122-125.

maintenant adulte et nous tenons à préciser ses caractères en le désignant comme type (Holotype) de l'espèce nouvelle à laquelle nous avions déjà proposé de donner le nom de *Bos* (*Bibos*) *sauveli* (²).

Bos (Bibos) sauveli sp. nov. — *Holotype*. — Capturé jeune aux environs de Tchep, Nord-Cambodge, en juillet 1936, ♂ adulte (4 ans en décembre 1939). Vivant au Parc Zoologique du Bois de Vincennes (Paris).

Caractères. — Dimensions : Hauteur au garrot, $1^m,57$ (Certains sujets peuvent atteindre $1^m,90$).

Ce bovidé diffère du Banting et du Gaur. Il est plus élancé que le Gaur et possède un fanon très développé qui n'existe pas chez le Banting. D'une façon générale d'ailleurs, ses formes sont moins lourdes, plus gracieuses que celles des autres bovidés asiatiques.

Le pelage est gris très foncé, presque noir. Il devient noir mat chez les vieux taureaux avec des neigures aux épaules et sur la croupe. Le poil est court et fin, donnant un aspect velouté à la robe.

Les cornes cylindriques sont claires à la base, noires à l'extrémité. Elles sont largement écartées et se recourbent vers l'avant. Des stries délimitant des parties superficielles de corne sont visibles près de la pointe. Ces écaillures, ainsi que nous avons pu le constater chez de vieux mâles, peuvent former des rosaces de filaments cornés. Le front est dépourvu de dépression; le chignon est étroit, couvert d'un poil ras, velouté. Le garrot est puissant, sans déformation musculaire, prolongé en arrière sur la région dorsale.

Les oreilles sont fines et fuselées.

Les yeux sont marrons.

Les extrémités des membres sont blanches, mais le devant des membres antérieurs est noir par places, ainsi que la partie située au-dessus des sabots, aux membres postérieurs. Ces extrémités sont très fines.

Le fanon est très développé.

La queue est longue, tombant presque jusqu'aux talons.

Répartition géographique : Cambodge. Le Kou-Prey est très rare et vit dans les forêts clairières.

(²) Dédié à M. Sauvel.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Sur l'évolution et la signification de l'appendice des Primates.* Note de M. **Frédéric Gluckmann**, transmise par M. Maurice Caullery.

Une foule de constatations cliniques frappantes, que l'on recueille journellement dans les services chirurgicaux, détermine le clinicien à se demander souvent si l'aphorisme classique, qui considère l'appendice comme un organe rudimentaire et régressif, est vraiment valable. Morphologiquement parlant, la thèse régressiste, pour être légitime, doit se baser sur des constatations nettes et précises, ou du moins, ne pas être démentie par des faits contraires; il faudrait trouver l'organe considéré, dans l'échelle zoologique, à un état progressif de régression, jusqu'à la forme anatomique présentée par l'Homme. Or les réalités anatomo-comparatives, corroborées par tous les faits menus et « insignifiants », constatés au lit du malade comme épiphénomènes de la suppression d'un appendice indemne, montrent toute la fragilité de cet aphorisme, qui ne se fonde même pas sur quelque raison d'ordre scientifique, mais tout bonnement sur les dimensions réduites de l'organe, sur l'ignorance patente de sa signification réelle, et encore sur la parfaite commodité de son enlèvement....

L'appendice vermiculaire ne se rencontre dans aucune espèce animale, sauf les Primates, et, parmi ce groupe, seulement chez les plus évolués. Ce sont les Singes cynomorphes qui commencent à présenter une différenciation du sommet cæcal dans un sens appendiculaire, c'est *la première ébauche* de l'appendice. Les Anthropoïdes offrent une disposition sensiblement humaine. Les relations phylétiques de l'appendice cæcal dans l'échelle, constatées comme des réalités indubitables, feront l'objet d'une communication à part.

Toujours est-il qu'embryologiquement, l'appendice apparaît au début du deuxième mois fœtal et se réalise par un simple ralentissement d'accroissement de la pointe virtuelle appendiculaire du cæcum. Ce phénomène ne plaide point pour sa signification atrophique. L'atrophie d'un organe s'opère par une diminution *en masse* de tous ses composants anatomiques, remplacés par du tissu indifférent; et non par *son effilement*, d'abord, et par un développement et *un perfectionnement* de tous ses autres éléments tissulaires, ensuite.

L'élément histologique essentiel de l'appendice humain est la cellule argentaffine. De provenance *ectodermique* (ce qui la distingue donc origi-

nellement de tous les autres éléments cellulaires de l'appendice), elle présente une affinité micro-chimique élective pour les sels de chrome et d'argent, et contient par conséquent de l'adrénaline, ou son noyau. Elle possède la propriété (découverte par Masson) *de migration* vers le stroma nerveux, qui est *d'une richesse remarquable* dans l'appendice. Dans un organe considéré comme atrophique, quelle peut donc être la signification de ce développement nerveux? Quoi qu'il en soit, ces cellules ne se rencontrent que *chez les enfants et les jeunes sujets*. Pendant leur activité, elles projettent le produit adrénalinique directement sur les nerfs.

Système autonome appendiculaire. — L'ensemble des cellules argentaffines peut donc être regardé comme un groupe paraganglionnaire autonome, dont les éléments adrénalinipares sont dispersés au voisinage des nerfs sensibles, qu'ils stimulent *directement* et sans l'intervention d'un vecteur diluant, ce qui augmente au paroxysme l'intensité de leur action. La substance adrénalinique provoque ainsi un péristaltisme énergique du cæco-colon ascendant, et, secondairement, par sa pénétration dans l'économie, des réactions, mal déterminées, mais évidentes, dans la sphère génitale et sur le métabolisme des graisses. L'instauration des fonctions sexuelles introduit une suppléance naturelle de cette sécrétion, et s'accompagne de la disparition des cellules argentaffines, ainsi que de l'oblitération de l'organe, qui constitue le terme ultime de son involution naturelle.

Mécanisme de son action. Sa genèse. — Le gros intestin d'un animal quadrupède se trouve, du cæcum à l'anus, y compris le côlon dit ascendant, étalé dans un plan *complètement horizontal*. La progression des matières se fait donc chez lui dans des conditions faciles.

Chez l'Homme et chez les Singes anthropoïdes, à attitude bipède, le côlon droit est plus ou moins *nettement vertical*, de sorte que la progression des matières fécales est devenue précaire, voire même impossible, sans l'intervention d'un facteur moteur surajouté.

Les premiers Singes qui présentent des tentatives caractérisées d'érection, sont représentés par la famille des Cynomorphes. Les difficultés accentuées de la progression péristaltique, occasionnées par leur station verticale de plus en plus prolongée, ont provoqué un état de *tension* continue du nœud cæcal primitif, qui a engendré son hypertrophie; et, d'autre part, *une rétraction* circulo-musculaire défensive de la pointe cæcale, soustrayant ainsi son substratum, d'une sensibilité et d'une fragilité extrêmes, à l'action nocive des matières septiques en contact direct

avec sa muqueuse. La pointe cæcale, d'abord contractile, s'est *ankylosée* à force de répétitions incessantes, et s'est fixée dans cet état. Ce phénomène contractile et passager est réel. Il ne constitue pas une simple vue de l'esprit. Nous l'avons provoqué *expérimentalement* et constaté *de visu* sur un Cynocéphale vivant.

Une fois fixé, le point d'insertion a présenté, par ailleurs, une tendance continue et très nette *à une migration* vers une région plus supérieure du cæcum, étant ainsi soustraite, plus efficacement encore, à l'action des matières infectieuses appliquées *directement* sur son embouchure, et il s'est muni *d'une valvule*.

Cette évolution schématique de l'appendice est fidèlement reproduite dans la série des Primates, en se superposant sur les divers types phylétiques. Des données complètes, illustrées d'une riche iconographie, seront produites prochainement, dans un travail réalisé au Laboratoire d'Anatomie pathologique de M. le Pr. Roger Leroux.

L'appendice de l'Homme et des Anthropoïdes supérieurs ne représente, par conséquent, qu'une simple accentuation de la forme primitive devenue permanente, et son perfectionnement (par la métamorphose des éléments argentaffines banaux), corrélatif de l'adoption plus complète et plus définitive de l'attitude bipède verticale, qui a déterminé une insuffisance fonctionnelle grave dans le processus de propulsion des matières lourdes et épaisses cæco-ascendantes.

PHYSIOLOGIE. — *Un autodistributeur de vide et de gaz comprimés, pour usage physiologique ou d'autres applications.* Note de M. **J.-André Thomas**, présentée par M. Paul Portier.

L'utilisation des appareils à perfusion précédemment inventés [1], ainsi que l'observation de quelques autres instruments d'usage physiologique ont conduit à construire un nouveau distributeur automatique de vide et de gaz comprimés. Cet ensemble métallique est établi pour un fonctionnement prolongé; il est adapté à la production de phases, de dépression et de pression, alternatives ou synchrones, dont les caractéristiques principales sont réglables en cours de marche.

Les pièces essentielles de cet appareil, supportées par des carters de

(1) André Thomas, *Ann. physiol. physicoch. biol.*, 14, 1938, p. 799-813.

fonderie, consistent en une paire de soupapes étanches et de cames profilées identiques qui les actionnent; celles-ci sont elles-mêmes entraînées par un système commun de transmission, régi par un variateur de vitesse. Par la combinaison du réglage vertical et horizontal de chaque came on obtient une ouverture plus ou moins grande de la soupape correspondante, pendant un intervalle de temps court ou long. Le rythme imposé à la dépression et à la pression, portées à un taux relativement fixe dans leur réservoir correspondant, résulte du jeu des soupapes dont la grandeur et la durée d'ouverture sont respectivement égales ou différentes.

Le schéma d'interprétation ci-contre permet de représenter l'ensemble du distributeur. Une motopompe à vide et à air comprimé Mp (ou une source quelconque de vide et d'air ou de gaz comprimés) alimente, d'un côté, le réservoir Rv pourvu d'un indicateur de vide et d'un reniflard R^d, de l'autre, le réservoir de pression Rp muni d'un manomètre et d'une soupape d'échappement Se. Le reniflard sert à limiter le degré de vide dans Rv et, par l'intermédiaire d'une courte canalisation, dans la chambre à vide $Ch\,v_1$. La soupape d'échappement remplit le même office pour les gaz comprimés dans Rp et la chambre à pression $Ch\,p_1$ (2). Une soupape S, de chaque côté, distribue le vide dans la chambre $Ch\,v_2$ et la pression dans $Ch\,p_2$. L'aspiration ainsi que le flux de gaz comprimés, filtrés par le déshuileur D, sont répartis dans des conduits séparés ou dans un conduit commun s'ils sont alternatifs, par une tuyauterie bypasse constituée par deux robinets à trois voies. La queue des deux soupapes S est rendue étanche par un tube thermostatique qui obéit aux mouvements d'abaissement résultant de la pression exercée sur lui par une glissière et à ceux dus à l'action d'un ressort de rappel.

Le moteur M entraîne un réducteur, puis un variateur de vitesse Vv, composé actuellement d'un galet faisant tourner un cône et pouvant se déplacer le long de la génératrice de celui-ci. Il imprime très progressivement à l'arbre de l'une et l'autre came, par la transmission T, faite d'axes et de pignons, toutes les vitesses comprises entre 16 et 104 rotations à la minute, par exemple.

---

(2) Indiquons, pour fixer les idées, que la pompe utilisée actuellement, mue par un moteur silencieux 1/2 CV, engendre un volume d'air de 4500 litres environ à l'heure; elle peut entretenir, en même temps, dans les réservoirs respectifs, une dépression de l'ordre de 35^{cm} de mercure et une pression de 1^{kg}.

La forme des cames profilées (schématisées en C') est telle, que de leur extrémité antérieure à l'autre, la longueur de leur arc portant croît. Un bouton de réglage horizontal Bh, commandant le glissement de chacune d'elles par rapport à l'axe vertical des soupapes, permet donc de diminuer

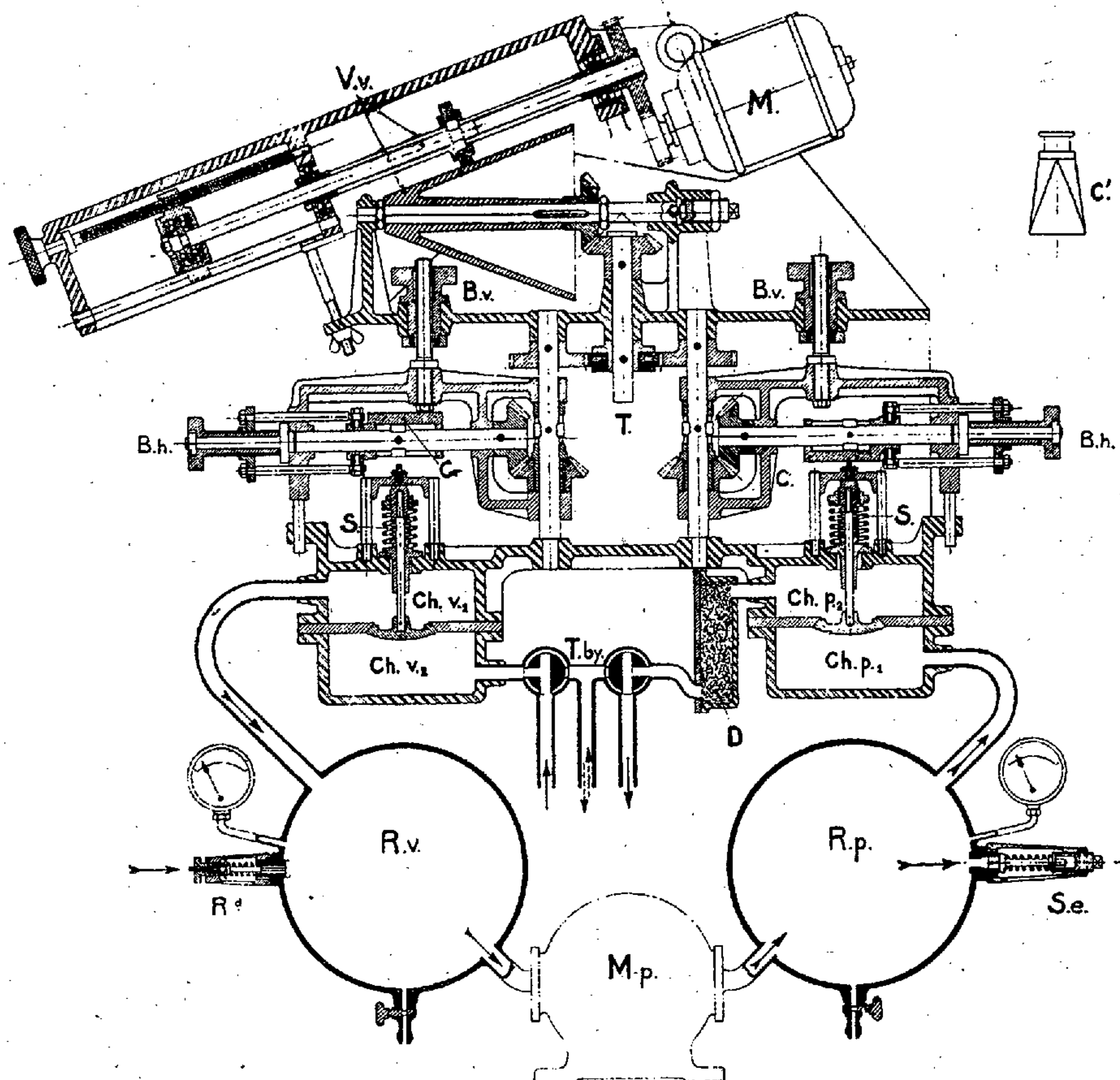


Schéma d'interprétation de l'autodistributeur de vide et de gaz comprimés. Explication dans le texte.

ou d'augmenter la durée des phases de dépression ou de pression. De même, un bouton de réglage vertical Bv assure, par le moyen d'un pignon à axe coulissant, le déplacement de haut en bas de tout le statif de chaque came. Il en résulte que la poussée sur la glissière des soupapes, par l'intermédiaire d'un petit galet tournant, est plus ou moins considérable : la course atteint 10^{mm}. Enfin, le synchronisme dépend de l'orientation des cames autour de leur arbre : lorsqu'elles sont en position inverse le fonctionnement est régulièrement alternatif.

Les caractéristiques réglables de l'instrument qui, d'ailleurs, influencent chacune le débit dans une certaine mesure (vitesse de rotation; taux de la dépression et de la pression; synchronisme, dyschronisme et, surtout, grandeur et durée indépendantes des phases), permettent de produire des rythmes adaptés aux conditions physiologiques de la respiration et de la perfusion, ou utilisés au cours d'autres travaux du laboratoire et de la pratique.

PHARMACODYNAMIE. — *Influence de l'échitamine sur les effets hypertenseurs et vaso-constricteurs rénaux de l'adrénaline.* Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Paul Portier.

Bien qu'on leur ait attribué une même formule brute $C^{22}H^{28}N^{2}O^{4}$ et bien qu'ils appartiennent tous deux au groupe des alcaloïdes indoliques, la corynanthéine et l'échitamine ont, nous l'avons montré précédemment [1], une action physiologique fort différente; alors, en effet, que la corynanthéine transforme en hypotension l'hypertension provoquée par les doses moyennes d'adrénaline, l'échitamine ne la diminue pas, du moins à la dose de 36^{mg} par kilogramme, et peut même, dans certains cas, augmenter sa durée et accroître en même temps la vaso-constriction rénale apparente qui l'accompagne.

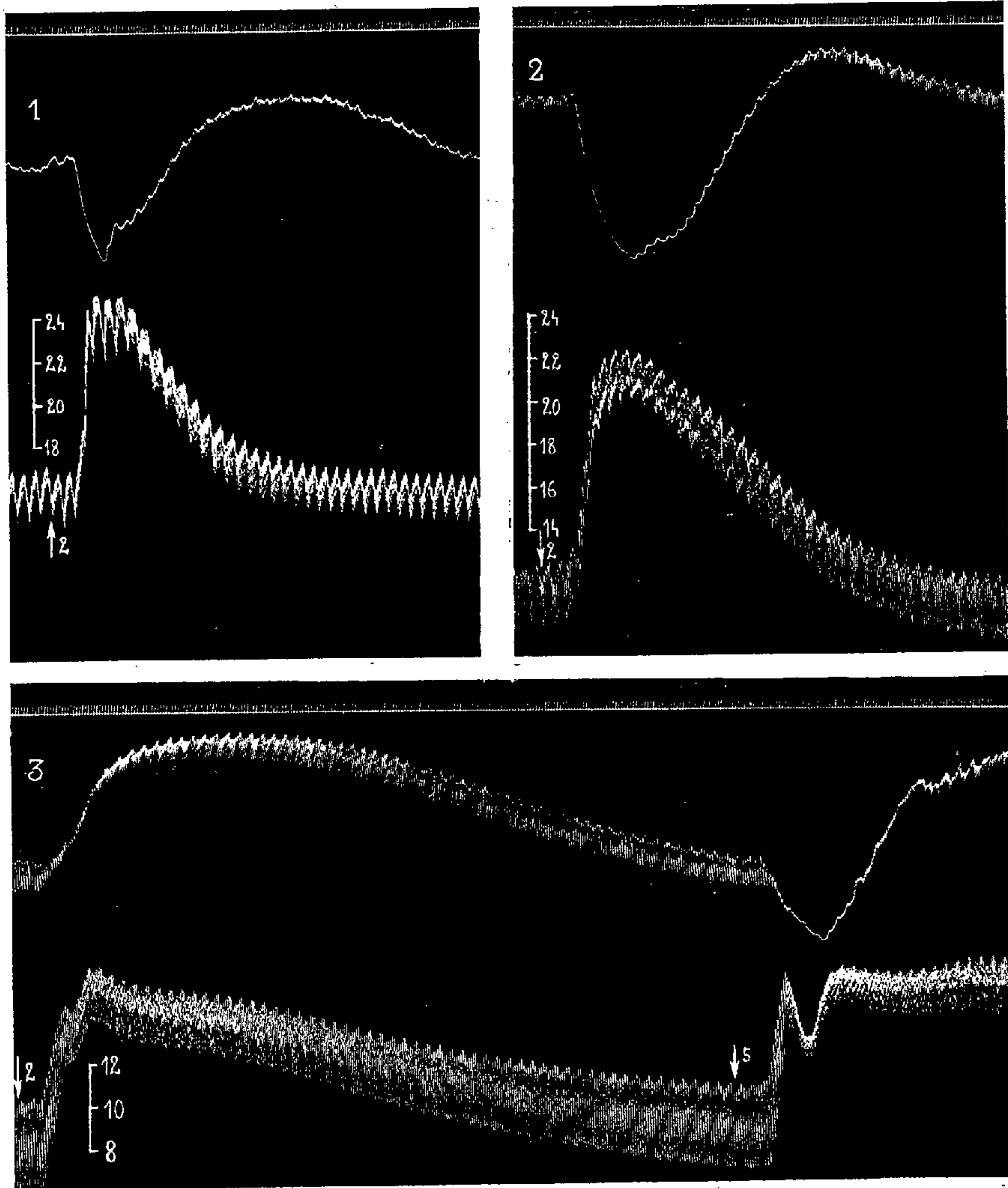
Ayant pu disposer d'une quantité suffisante de ce rare alcaloïde, nous avons pu constater que si, à dose faible, il renforce et prolonge nettement les effets hypertenseurs et vaso-constricteurs rénaux de l'adrénaline, à dose très forte il diminue un peu la hauteur, mais augmente beaucoup la durée de l'hypertension produite par cette amine, cependant qu'il transforme en un accroissement très marqué la réduction du volume rénal qui accompagnait initialement cette hypertension.

C'est ainsi, par exemple, que dans une de nos expériences les effets de l'injection intraveineuse de 0^{mg},02 d'adrénaline ont été, par l'échitamine, modifiés comme il suit.

Initialement la pression carotidienne, qui avait été élevée de 171 à 252, soit de 81^{mm} de Hg, était revenue en 88 secondes à son niveau antérieur, le rein subissant alors une nette diminution de son volume avec abolition de son pouls (*fig.* 1). Après administration, en deux injections successives,

---

(1) Raymond-Hamet, *C. R. Soc. Biol.*, 116, 1934, p. 1022-1025.



Chien ratier à poils ras de 8kg, anesthésié par le chloralose (14cg par kg), bivagotomisé au cou et soumis à la respiration artificielle. 1re et 4e lignes : temps en secondes; 2e et 5e lignes : variations du volume du rein enregistrées par l'oncographe d'Hallion et Comte par nous modifié; 3e et 6e lignes : modifications de la pression carotidienne enregistrées au moyen du manomètre à mercure. On a injecté dans la saphène, en chacun des 3 points marqués par une flèche accompagnée du chiffre 2, 0mg,02, au point indiqué par une flèche suivie du chiffre 5, 0mg,05 d'adrénaline. Entre le tracé 1 et le tracé 2, l'animal a reçu deux injections intraveineuses successives de chacune 32mg de chlorhydrate d'échitamine. Entre les tracés 2 et 3, on a administré au chien, en injections intraveineuses successives, 64, 128, 256, 512mg, enfin 1g,024 de ce même chlorhydrate. Tracés réduits de moitié.

de 8^{mg} de chlorhydrate d'échitamine par kilogramme, la pression carotidienne qui avait monté de 126 à 224, c'est-à-dire de 98^{mm} de Hg, s'était retrouvée en 118 secondes à son niveau initial, cependant que l'oncogramme traduisait une vaso-constriction très nettement augmentée tant en amplitude qu'en durée (*fig.* 2). L'animal ayant encore reçu : 8, 16, 32, 64, puis 128^{mg}, soit au total 256^{mg}, de ce même chlorhydrate par kilogramme, la pression carotidienne s'était haussée de 104 à 166, soit de 62^{mm} de Hg, et n'avait pas encore regagné son niveau initial en 238 secondes, mais l'oncogramme, presque parallèle au tracé de la pression carotidienne, ne révélait plus qu'une dilatation marquée du volume rénal s'accompagnant au début d'une très légère diminution du pouls qui traduisait encore l'existence d'une très faible action vaso-constrictive (*fig.* 3-2). Il a suffi d'ailleurs d'augmenter alors la dose d'adrénaline injectée pour que cette action vaso-constrictive devînt capable de s'exprimer sur l'oncogramme non seulement par l'abolition du pouls du rein, mais encore par une diminution marquée du volume de cet organe (*fig.* 3-5).

Douée à dose moyenne d'un pouvoir sympathicosthénique certain, l'échitamine possède donc à dose très forte une faible action sympathicolytique mineure.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur l'absence de cholinestérase dans la glande à pourpre des* Murex *et sa signification.* Note de M. **Antoine Jullien**, présentée par M. Paul Portier.

Par extension des résultats obtenus chez les Vertébrés, la présence d'acétylcholine jointe à celle de son agent hydrolysant, la cholinestérase, dans de nombreux organes d'Invertébrés, a été considérée par la plupart des auteurs comme une présomption en faveur d'une médiation cholinergique chez ces animaux. Mais les faits expérimentaux n'ont pas (sauf dans quelques cas) apporté de confirmation à la réalité d'un tel mécanisme. En particulier, dans l'embranchement des Mollusques, et bien que tout récemment H. Frédéricq (1) en ait cherché la preuve indirecte, il paraît jusqu'ici être en défaut [Bacq et Coppée (2), Kruta (3)]. C'est la conclusion que nous avons nous aussi formulée à la suite de particularités observées

(1) *Arch. internat. Physiol.*, 49, 1939, p. 299.
(2) *Arch. internat. Physiol.*, 45, 1937, p. 310.
(3) *C. R. Soc. Biol.*, 122, 1936, p. 582.

en 1932 ([4]) et 1936 ([5]) sur le comportement fonctionnel du cœur chez certains Gastéropodes Prosobranches de la famille des Muricidés (*Murex*). De telles constatations posent déjà le problème d'un rôle de l'acétylcholine autre que celui de médiateur chimique et elles sont corroborées par les données recueillies sur la glande à pourpre dans ce même genre.

La glande à pourpre est extrêmement riche en esters de la choline, principalement en acétylcholine. De nos dosages pratiqués en 1938 avec D. Vincent ([6]), il résulte que l'équivalent acétylcholine dans cet organe est de 130 à 200 γ par gramme de tissu. Ces chiffres représentent un minimum. D'après des dosages que nous venons d'effectuer, la teneur serait comprise entre 200 et 300 γ par gramme.

Si l'on étudie le pouvoir cholinestérasique de l'extrait de glande à pourpre par le procédé dont se sont servis D. Vincent et A. Julien ([7]) pour d'autres organes (inactivation, appréciée par le muscle dorsal de Sangsue ésériné, de solutions d'acétylcholine chimiquement pure à une concentration déterminée contenant des dilutions progressives de l'extrait d'organe), on constate qu'il ne se produit pas d'hydrolyse du produit; pour aucune dilution, il n'y a disparition de la réponse du muscle de Sangsue. Bien au contraire, pour les solutions les plus riches en extrait, la contraction est renforcée par l'acétylcholine propre de l'extrait.

D'autre part nous avons effectué pendant une semaine des dosages quotidiens d'acétylcholine dans des extraits concentrés de glande à pourpre préparés en Ringer non ésériné et conservés à la température du laboratoire. Les taux successifs obtenus ne montrent pas de changements appréciables, sauf des oscillations imputables au degré d'approximation de la méthode; ils varient de 220 à 300 γ. Après 15 jours, la teneur en acétylcholine dépasse encore 100 γ et s'étend jusqu'à 200 γ.

Il résulte de ces observations que la glande à pourpre semble dépourvue de toute activité cholinestérasique. Cette opposition entre la haute teneur en acétylcholine et l'absence de cholinestérase est non seulement une exception remarquable au principe admis et souvent vérifié du parallélisme assez rigoureux entre ces deux facteurs; elle montre de plus que la seule détermination du taux de l'acétylcholine d'un organe non accompagnée de

---

([4]) A. Jullien et G. Morin, *Arch. internat. Physiol.*, 35, 1932, p. 143.
([5]) A. Jullien, *Thèse de Médecine*, Lyon, 1936.
([6]) *C. R. Soc. Biol.*, 127, 1938, p. 1506.
([7]) *C. R. Soc. Biol.*, 127, 1938, p. 628.

la recherche de son pouvoir cholinestérasique ne peut fournir aucune indication quant au rôle fonctionnel de cette substance, et notamment quant à son rôle éventuel d'intermédiaire dans la transmission de l'excitation nerveuse. Les déductions tirées de l'étude de la glande à pourpre confirment les résultats déjà acquis chez les Mollusques où la théorie neurohumorale est en défaut. L'absence de cholinestérase dans un organe par ailleurs richement pourvu en acétylcholine, apporte la preuve indubitable que celle-ci n'a pas, au moins dans certains cas bien typiques, le rôle obligatoire de médiateur, mais qu'elle a d'autres fonctions qu'il importe, par de nouvelles recherches, d'élucider.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action de la chaleur sur l'hémoglobine et étapes réversibles de la coagulation des protéides.* Note de MM. **Jean Roche** et **Mohamed-Salah Chouaïech**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Les protéides coagulés par la chaleur peuvent, dans certaines conditions, être mis en solution et, pour Anson et Mirsky, leur coagulation doit être considérée comme réversible. Bien que cette opinion soit en général admise sans réserve, il nous a paru que l'identité des produits solubles obtenus après action de la chaleur (protéides réversés) et celle des corps naturels méritait d'être établie avec plus de précision qu'il n'a été fait jusqu'ici. Nous avons à ce sujet étudié, d'une part, la pression osmotique et le poids moléculaire de l'hémoglobine de Bœuf naturelle ou réversée après coagulation par la chaleur et, d'autre part, la résistance à l'action des bases de la liaison hématine-globine, dans les mêmes corps.

Certains échantillons du pigment pur ont été étudiés à l'état naturel; d'autres ont été coagulés à 90°, puis traités par une solution faiblement alcaline de cyanure de potassium, suivant le procédé d'Anson et de Mirsky (1). Les solutions obtenues, dialysées après réduction, puis agitées au contact d'oxygène, contiennent une oxyhémoglobine réversée, dont les caractères spectrophotométriques sont identiques à ceux du corps naturel. Dans une première série de recherches, nous avons déterminé la pression osmotique et le poids moléculaire de tous ces chromoprotéides par la méthode d'Adair (2), appliquée à des solutions en équilibre osmotique à 0° avec des mélanges tampon M/15 de phosphates alcalins (Sörensen) de pH 7,38. Nous nous sommes bornés à calculer pour chaque osmomètre le poids moléculaire

(1) *Journ. of gen. Physiol.*, **13**, 1929, p. 133; **13**, 1930, p. 477; **14**, 1931, p. 597.
(2) *Proc. Roy. Soc.*, A, **108**, 1925, p. 627.

apparent des corps étudiés, M/Φ; suivant la formule $M/\Phi = (10RT)/\pi$, dans laquelle $\pi = C/p$ est la pression osmotique par unité de concentration, p étant la pression osmotique (mm Hg), C la teneur en protéide de la solution (gr. pour 100^{cm^3}), R la constante des gaz et T la température absolue ([3]). Dans une seconde série d'expériences, nous avons étudié la vitesse de dédoublement des mêmes hémoglobines en hématine et globine sous l'action de la soude M/20 (réaction de von Krüger), par la technique spectrophotométrique d'Haurowitz ([4]).

L'ensemble de nos résultats expérimentaux, portant sur 7 préparations et comprenant 60 déterminations de poids moléculaire, peut être résumé ainsi :

1° L'hémoglobine sanguine de Bœuf réversée après coagulation par la chaleur n'est pas identique au chromoprotéide naturel, bien que présentant les mêmes caractères spectraux. Elle s'en distingue à la fois par une diminution considérable de sa résistance à l'action des bases et par la taille moitié moindre de ses molécules en solution diluée.

2° L'existence d'hémoglobines de même spectre et de stabilité différente vis-à-vis des bases démontre que les caractères spectraux de ces pigments ne constituent pas un indice absolu de l'intégrité de leur molécule; aussi la réaction de von Krüger, basée sur l'étude de la résistance de ces corps à l'action de la soude, ne permet-elle pas à elle seule de caractériser une hémoglobine naturelle.

3° La pression osmotique par unité de concentration, $\pi = p/C$, des hémoglobines sanguines naturelles croît de 2,6 à 3,1 environ à pH 7,38 et à 0° quand leur concentration passe de 0,5 à $10^g,0$ pour 100^{cm^3}; le poids moléculaire de ces corps, dont les solutions peuvent être considérées comme idéales, est de 68000. Après réversion de la coagulation par la chaleur, la pression osmotique des hémoglobines par unité de concentration, π, s'abaisse régulièrement de 5,0 à 2,6 à pH 7,38 et à 0° quand la teneur en protéide des solutions passe de 0,2 à $3^g,5$ pour 100^{cm^3}; elle augmente ensuite très faiblement quand C devient plus grand. Il en

---

([3]) $\Phi = \pi/\pi_0$ est le rapport de π, calculé pour chaque osmomètre étudié, à π_0, valeur de π pour $C = 0$, déterminé par extrapolation. Φ englobe à la fois les corrections dues à l'équilibre de Donnan, à l'attraction interionique et au volume occupé par l'hydrate de protéide; il ne peut être calculé que pour des solutions idéales. Comme tel n'est pas le cas de celles des hémoglobines réversées après coagulation par la chaleur, nous avons déterminé M au facteur Φ près, M/Φ étant le poids moléculaire apparent.

([4]) *Zeits. f. physiol. Chem.*, **183**, 1929, p. 78.

découle que le poids moléculaire apparent moyen des hémoglobines réversées, M/Φ, voisin de 33000 dans les solutions très diluées, augmente progressivement jusqu'à 68000 au fur et à mesure que les solutions s'enrichissent en protéide. Tout se passe donc comme si l'hémoglobine réversée après coagulation par la chaleur était dissociée en molécules de masse égale à 33000, lesquelles demeurent libres en solution diluée, mais s'associent deux à deux quand leur concentration dans le milieu augmente. Ces faits nous paraissent devoir être rapprochés du dédoublement réversible que subit la molécule d'hémoglobine dans les solutions concentrées d'urée et de diverses amides, observé par Burk et Greenberg et par Steinhardt.

4° L'action de la chaleur sur l'hémoglobine sanguine du Bœuf provoque un ensemble de modifications portant les unes sur les groupements hémaffines de la globine, les autres sur les forces de cohésion maintenant associées des quatre unités moléculaires Hb (P.M. 17000) dans l'hémoglobine naturelle Hb_4 (P. M. 68000). Ces dernières sont réversibles dans certaines conditions, tandis que l'affinité de la globine pour l'hématine diminue définitivement au cours de la coagulation par la chaleur, sans doute en raison de remaniements intramoléculaires analogues à ceux mis en évidence par Astbury au cours des dénaturations de protéides.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la dégradation anaérobie de la l-cystéine par la désulfurase, nouveau ferment contenu dans le foie.* Note [1] de MM. **Claude Fromageot**, **Earl Wookey** et Mme **Paulette Chaix**, présentée par M. Maurice Javillier.

Poursuivant nos recherches sur la dégradation, en anaérobiose, de certains dérivés sulfurés, notamment de la cystéine et de la cystine, nous avons mis en évidence l'existence, dans le foie du chien, d'un ferment dont l'action sur la cystéine se manifeste par la production intense d'hydrogène sulfuré, sans qu'il y ait libération concomitante d'ammoniaque. Qu'il s'agisse bien là d'une action fermentaire est démontré par le fait qu'une préparation de foie normalement active perd toute activité par chauffage à 100° pendant 15 minutes, et par la spécificité optique absolue de la

[1] Séance du 4 décembre 1939.

réaction. En broyant finement un foie de chien, puis en traitant la pâte liquide par l'acétone et l'éther dans les conditions habituelles, on obtient une préparation sèche, pulvérulente, qui, maintenue sous vide à la glacière, conserve son activité sans changement pendant plusieurs semaines. Par simple macération dans l'eau froide (n grammes dans $n \times 3^{cm^3}$ à 0° pendant 40 minutes) suivie d'une centrifugation, cette poudre donne un extrait aqueux actif, limpide. C'est un tel extrait qui est utilisé dans toutes les expériences dont nous donnons ci-dessous les résultats, et qui concernent quelques-unes des propriétés du ferment en question : variations de l'activité en fonction de la température, du pH et de la concentration en cystéine, spécificité stéréochimique et répartition dans l'organisme.

Nous exprimons l'activité du ferment vis-à-vis de la cystéine par la quantité Q_{H^2S} d'hydrogène sulfuré, calculée en γ dégagés par heure et par milligramme de substance sèche contenue dans la préparation fermentaire. Les mesures sont faites en employant des solutions soigneusement tamponnées, dont le volume total est de 20^{cm^3}, contenant toujours 2 % de toluène, et qui sont constamment maintenues en atmosphère d'azote pur ou d'anhydride carbonique pur.

1° *Influence de la température*. — Chlorhydrate de *l*-cystéine 20^{mg}; pH 7,2; durée 30 minutes.

Température.	20°.	30°.	37°.	40°.	45°.	50°.	60°.
Q_{H^2S}......	0,17	1,85	4,40	5,09	6,47	7,35	0,82

2° *Influence du* pH. — Chlorhydrate de *l*-cystéine 20^{mg}; température 37°; durée 3 heures.

pH.....	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
Q_{H^2S}....	0,0	0,0	0,0	2,33	3,44	2,95	1,85	1,71

3° *Influence de la concentration en cystéine*. — Température 37°; pH 7,2; durée 1 heure.

Chlorhydrate de *l*-cystéine (mg)..	2,0	5,0	10,0	20,0	40,0
Q_{H^2S}..........................	0,57	1,21	2,50	3,80	3,70

4° *Existence d'une limite de la réaction*. — Chlorhydrate de *l*-cystéine 5^{mg}; température 37°; pH 7,2; poids sec de la préparation fermentaire 90^{mg}.

Temps en heures.............	1/4.	1/2.	1.	1,30.	3.	5.
H^2S produit en γ..........	18	40	105	146	184	185

5° *Spécificité stéréochimique.* — Chlorhydrate de *l* ou de *d*-cystéine 7^{mg},5; température 37°; pH 7,2; durée 1 heure.

	dérivé-*l*.	dérivé-*d*.
Q_{H^2S}	1,67	0,0

6° *Répartition dans quelques organes.* — La répartition du ferment dont il s'agit ici est indiquée par les activités comparées de quelques organes frais vis-à-vis de la production de H^2S à partir de *l*-cystéine.

Foie.	Pancréas.	Rein.	Muscle.	Cerveau.
100	10 à 30	7	1,2	0,3 à 0,7

Nous ne sommes pas encore en mesure de donner avec certitude la nature de la réaction impliquée dans cette dégradation de la *l*-cystéine. Nous soulignerons cependant que, cette dégradation se faisant sans libération de NH_3, le ferment dont il s'agit ici, et pour lequel nous proposons le nom de *désulfurase*, est tout à fait différent de la *l*-cystéinase dont l'existence a été mise en évidence chez *Bacterium Coli* par Desnuelle et Fromageot [2] et dont l'action, correspondant à une oxydo-réduction interne de la molécule de cystéine, se manifeste par une désamination couplée à la désulfuration.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence inhibitrice des protéines sériques sur l'altération de la bilirubine en solution alcaline.* Note de M. **Augustin Boutaric** et Mme **Madeleine Roy**, présentée par M. Charles Achard.

1. Par oxydation, les solutions de bilirubine passent du jaune au vert à la suite de la transformation de la bilirubine en biliverdine. Une telle transformation s'accomplit très rapidement au sein des solutions de soude, même lorsqu'on prépare ces solutions avec de l'eau longuement bouillie et qu'on les conserve dans l'obscurité et à basse température (0°), après avoir pris la précaution de déposer à leur surface une mince couche d'huile de vaseline destinée à empêcher le contact avec l'air. Dans un travail récent, M. Barac [1] a signalé que l'addition d'acide ascorbique permet de stabiliser la bilirubine en milieu alcalin. De notre côté, au cours de recherches encore inédites sur certaines propriétés physico-chimiques des

(2) *Enzymologia*, 6, 1939, p. 80.

(1) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 21, 1939, p. 1163.

solutions de bilirubine, nous avons pu assurer une stabilisation à peu près indéfinie de ces solutions par addition de sérum ou de sérum-albumine; l'addition de tels colloïdes présente en outre l'intérêt d'empêcher la floculation des solutions réalisées en milieu tamponné par des sels à anions polyvalents (phosphates ou borates) afin d'assurer la constance d'un coefficient pH alcalin.

2. Ayant préparé une solution renfermant $2p$ milligrammes de bilirubine pour 100 cm³ d'un milieu solvant constitué par une solution de chlorure de sodium à 8^g par litre rendue centinormale en soude, on dilue cette solution à volumes égaux : 1° avec le même milieu solvant (solution A); 2° avec du sérum de cheval (solution B) : 100 cm³ d'une telle solution renferment, en outre des p milligrammes de bilirubine introduits, la bilirubine présente dans le sérum. Voici, pour $p = 5$ milligrammes, les densités optiques relatives à $\lambda = 480$ mμ, mesurées au moyen du spectrophotomètre de Jobin et Yvon à des intervalles de temps différents après leur préparation, les solutions étant conservées à 0° et à l'abri de la lumière :

	Jours.		
Solution.	0.	4.	11.
A....................	1,64	0,27	0,07
B....................	1,78	1,78	1,76

Alors qu'en l'absence de sérum, la densité optique diminue très rapidement en fonction du temps, cette densité optique se maintient constante en présence de sérum pendant une durée considérable indiquant une conservation à peu près indéfinie de la solution.

Avec des proportions de sérum plus faibles (1 ou 2 cm³ pour 25 cm³ de solution) on réalise une stabilité de moins longue durée, mais suffisante pour que les solutions restent pratiquement invariables pendant 24 à 48 heures, c'est-à-dire pendant une durée suffisante pour beaucoup de recherches.

3. L'addition de sérum présente l'inconvénient d'introduire une quantité supplémentaire de bilirubine; mais nous avons pu obtenir une stabilisation aussi rigoureuse des solutions de ce corps, pour n'importe quelle valeur du coefficient pH, par addition de sérum-albumine. Nous avons utilisé à cet effet la sérum-albumine préparée à l'aide de la méthode de l'acétone à froid de M. Maurice Piettre.

Nous donnons ci-contre les valeurs de la densité optique relative à $\lambda = 480^{m\mu}$ de trois solutions renfermant pour 100^{cm^3} : 1° 10^{mg} de bilirubine, 1^{cm^3} de soude N/5, 25^{cm^3} d'une solution N/5 de $Bo^3H^3 + ClK$ et 2^g de sérum-albumine (solution A, pH 6,85); 2° 5^{mg} de bilirubine, 1^{cm^3} de

soude N/5, 25^{cm^3} d'une solution N/5 de Bo^3H^3 + ClK et 1^g de sérum-albumine (solution B, pH 6,85); 3° 1^{mg} de bilirubine, 1^{cm^3} de soude N/5, 25^{cm^3} d'une solution N/5 de Bo^3H^3 + ClK et 0^g,2 de sérum-albumine (solution C, pH 7,20).

Solution.	Jours. 0.	3.	7.
A	1,64	1,64	1,66
B	1,63	1,43	1,40
C	0,60	0,60	0,60

Pour toutes les solutions étudiées la présence de sérum-albumine arrête l'oxydation de la bilirubine pendant un temps pratiquement indéfini.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Essai de vitaminisation préventive.* Note de MM. **Georges Mouriquand**, **Maurice Dauvergne** et Mme **Violette Edel**, présentée par M. Charles Achard.

Il n'est pas indifférent, pour la biologie, et semble-t-il plus encore pour l'hygiène et la thérapeutique, de se demander s'il est possible d'ajouter aux réserves normales d'un organisme en vitamines un stock supplémentaire de ces substances, pour renforcer et prolonger sa résistance vis-à-vis de carences futures. Un organisme considéré comme sain, possédant un équilibre nutritif, un taux normal de vitamine, peut-il accepter ce supplément de substances *minimales* et le cas échéant l'utiliser? Nous n'envisageons pas ici les cas extrêmes, où l'excès de vitamine aboutit aux troubles classiques des diverses hypervitaminoses (1).

Nous limiterons pour l'instant notre étude à la vitamine C.

Nous avons pris deux lots de cobayes, de même poids, de même âge, nourris depuis un mois, au moins, au même chenil. Certains de ces animaux sacrifiés avant l'expérience montraient un taux normal d'acide ascorbique dans leurs surrénales (0,21, 0,23, H. Tête).

Un de ces lots est resté à la ration simple du chenil. Les animaux de l'autre lot ont quotidiennement reçu (en outre de cette ration) pendant 15 jours 50^{mg} d'acide ascorbique (voie digestive). Au bout de ce temps assez long pour qu'une *survitaminisation* puisse être possible, le sacrifice (après 24 heures de suppression de la vitamine C, pour ne pas troubler les

(1) Ce terme *hypervitaminose* a un sens pathologique, celui de vitaminisation un sens thérapeutique.

résultats des dosages) dans chacun de ces lots a montré que la teneur de leur surrénale était la même en acide ascorbique (0,21, 0,22).

Il n'y avait donc pas *survitaminisation chimique*.

Mais il était nécessaire de savoir si les animaux *survitaminés* résistaient mieux à la carence en vitamine C que les témoins. Or, les animaux de l'un et l'autre lot mis au régime scorbutigène ont respectivement présenté l'apparition des signes de scorbut entre le 12ᵉ et le 14ᵉ jour de la carence. Les uns et les autres sont morts du 28ᵉ au 32ᵉ jour.

Il résulte de ces expériences qu'un organisme de cobaye, contenant des doses considérées comme normales de vitamine C, ne peut être pratiquement survitaminé.

L'adjonction supplémentaire d'acide ascorbique à un régime équilibré, assurant le stock nécessaire de l'organisme en vitamine C, ne semble donc pas, au moins d'après l'expérimentation, thérapeutiquement indiquée.

La séance est levée à 15h35m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 4 décembre 1939.)

Note de M. *Paul Bertrand*, Nouvelles observations sur les Fougères primitives du genre *Cladoxylon* :

Page 840,
lignes 15 et 16, *au lieu de* les radicelles, *lire* les porte-racines.
lignes 17 à 20, *supprimer la phrase* Celui-ci était sans doute pourvu.... etc.
ligne 21, *au lieu de* en dépit de cette ressemblance, les radicelles.... etc., *lire* Ces axes ont encore la valeur de cladodes; ils se ramifient en donnant des axes élémentaires (*télomes*), différenciés en organes absorbants (*radicelles*) et pourvus d'un faisceau primitif grêle.

(Séance du 11 décembre 1939.)

Note de M. *Georges Grenet*, Un séismographe vertical universel :

Page 895, *au lieu de* Georges, *lire* Gaston.

FIN DU TOME DEUX CENT-NEUVIÈME.

COMPTES RENDUS
DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JUILLET — DÉCEMBRE 1939.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 209.

I. — PARTIE SCIENTIFIQUE.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

N

O

P

R

S

T

U

V

X

Z

II. — PARTIE ACADÉMIQUE.

A

B

C

D

E

F

H

I

N

P

S

U



TABLE DES AUTEURS.

A

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

Q

R

S

T

U

V

W

Y

Z

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
113750-40 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.